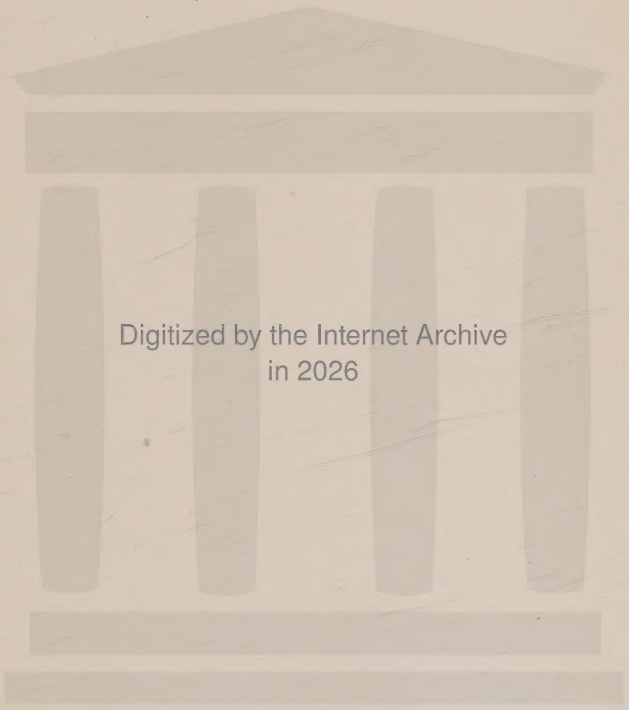
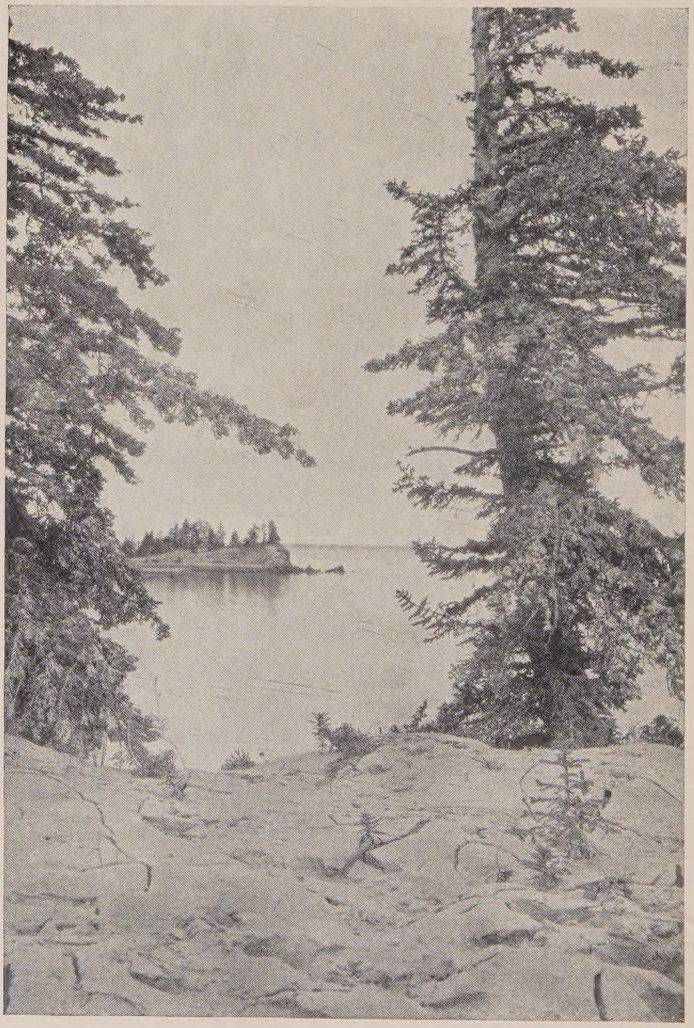
LIBRARY
MISSOURI KIRKSVILLE
TECHNICAL SERVICES

Emma E. Walters


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/scientificgerman0000herb_g3o6



Oxford German Series
By AMERICAN SCHOLARS
GENERAL EDITOR: JULIUS GOEBEL, PH.D.
PROFESSOR OF GERMANIC LANGUAGES IN THE UNIVERSITY OF ILLINOIS

A SCIENTIFIC GERMAN READER

EDITED WITH INTRODUCTION, NOTES AND VOCABULARY

BY

HERBERT Z. KIP, PH.D.
ASSOCIATE PROFESSOR OF GERMANIC LANGUAGES
VANDERBILT UNIVERSITY

PROPERTY OF
CENTRAL MISSOURI
STATE COLLEGE
WARRENSBURG, MO

NEW YORK
OXFORD UNIVERSITY PRESS
LONDON, TORONTO, MELBOURNE & BOMBAY
HUMPHREY MILFORD
1916
All rights reserved

CENTRAL MISSOURI
STATE COLLEGE
Warrensburg

Copyright, 1916
BY OXFORD UNIVERSITY PRESS
AMERICAN BRANCH

PRINTED IN THE U. S. A. BY
THE QUINN & BODEN COMPANY
RAHWAY, N. J.

Q213
.K5

INTRODUCTION

UNDER date of Sept. 18, 1823, we find in Eckermann's *Gespräche mit Goethe* the following highly significant utterance:

> Es soll nicht genügen, daß man Schritte tue, die einst zum Ziele führen, sondern jeder Schritt soll Ziel sein und als Schritt gelten.

It is in the spirit of these words that this volume has been prepared, and those into whose hands it may fall will use it, I hope, with the same idea in mind.

The primary *Ziel* or object which a *Scientific German Reader* has in view is, of course, facility in reading scientific German literature. This is so evident that I pass it by without further comment and come at once to the secondary but no less important results which one may reasonably hope to gain from such a course of reading. The time is long past in education as well as in industry when one could afford to ignore the by-product. An experience of ten years or more in the class room has convinced me that through a course in scientific German a student not only can secure a certain degree of proficiency in a foreign language, but may acquire at the same time a correct habit and method of reading scientific literature in general. The literature that we have in mind when we use the term *belles-lettres* does not require the reader, as a rule, to go beyond the covers of the volume in hand. Scientific literature calls for greater, or at least for a different kind of ac-

76453

tivity upon the part of the reader, coupled with a more critical state of mind, and involves constant reference to other sources of information in the form of atlases, charts, encyclopedias and the like, and may well lead to investigation at first hand. In reading a work of imaginative literature we do well to give ourselves up to the author unreservedly. In reading the literature of science we ask that the author give himself up to us and we reserve our judgment at every step. In preparing the notes to the text I have therefore not hesitated to refer the reader to such works as one may fairly hope to find in the average college library. In general I have left to the instructor the duty of furnishing such grammatical explanations as may be required by the individual members of the class, and have sought to contribute such references and information as might not otherwise be easily available.

A still more important service can be rendered through a book of this kind, at least in individual cases, by furnishing glimpses into unexplored fields and calling the attention of the reader to lines of investigation which may result in new discoveries. In spite of almost daily proof to the contrary the inexperienced student is apt to entertain the erroneous belief that scientific knowledge is something fixed and final and that for him at least it would be presumptuous to attempt to change or add to it. In the words of one of our most eminent men of science: "A defect — perhaps the most serious defect of our education — arises from our failure to make our students appreciate vividly the fundamental fact that science is based on personal knowledge. The best of our students start forth with a high reverence for the library, the place of records, but quite unaware that a still higher reverence is due to those who by being the first

to observe unknown things have founded the knowledge the records of which the library keeps." No student is too immature to acquire the habit of scientific observation which may well go hand in hand with the appropriation of scientific knowledge already recorded.

The view is sometimes expressed that students untrained in the technique of science should not be encouraged to attempt anything original for the reason that their attention is thereby diverted from the tasks set them by their instructors. Personally I have little patience with this notion. A student who believes that he has made an original observation or formulated a new theory will hasten to acquaint himself with the already recorded facts and explanations bearing upon the point that he has in mind. He will not be satisfied until he finds that his observation or idea is either correct or incorrect. If correct he will find that it is either new or already recorded. In any case he will probably secure in a day more substantial scientific information than he would acquire ordinarily in a week. If Galileo had been told that no youth of nineteen ought to attempt to make scientific observations, the swinging lamp in the cathedral at Pisa would have continued to illuminate the vaulted church, but it would have shed no light upon the laws that govern the motion of the pendulum.

Between the methods of the scientist and those of the ordinary man of affairs there is no difference of kind but only of degree. What should characterize the latter and must characterize the former is precision or accuracy. Because this quality is essential to the astronomer and the chemist it has been too often assumed that in the study of modern languages — forced into a position of false antithesis to scientific studies — accuracy is a quality of minor

importance. It is true that for the appreciation of a work of imaginative literature the accuracy demanded is of a higher order, — an accuracy, as it were, of insight and sympathy.[1] But nowhere can this quality be dispensed with, least of all in the reading of scientific literature. Here, therefore, is a field where the habit of accuracy in the study and use of language can be constantly practised and where, conversely, the practice of accuracy will fully reward the reader for the labor it involves.

These are some of the incidental advantages which may be expected to accrue from a course in scientific reading. In referring to them as by-products we have borrowed a figure from the language of modern industrialism and in the same school we learn the necessity of coöperative effort. In my opinion the principle of the division of labor in the class room has not received hitherto sufficient consideration. A more generous recognition of personal ability and aptitude would result in increased effort on the part of each

[1] This is not the place to enter upon a discussion of the disputed question of the introduction of scientific methods into either the production or the study of imaginative literature and of the application to scientific writings of literary criteria. It is sufficient in this connection to remark that the poet — using the term in its broadest significance — employs language as the medium for the production of a work of art, the scientist as a means of conveying information. We do not look for poetical scientists nor do we care for scientific poets. It is surely the simplest as well as the wisest course to accept science and literature for what they are without attempting to confound the two or to determine their "relative importance." The following statement of the case is as terse as it is convincing: "Was sollte eine Kunst, die sich derartig abhängig macht? Sie hat schlechterdings keinen Sinn. Wenn sie gleichbedeutend mit der Wissenschaft ist, dann ist sie überflüssig, und gegen eine Kunst als Dienerin der Wissenschaft wird sich mit Recht das schöpferische Bedürfnis des Genies erheben. Keiner Seite ist gedient, weder der Wissenschaft, noch der Kunst und am allerwenigsten der Menschheit" (Schlismann, *Beiträge zur Geschichte und Kritik des Naturalismus*).

participant and in exercises of greater variety and interest to the class as a whole. It is not expected, therefore, that every member of the class will follow up all the references given in the notes.[1] But the instructor is urged to make individual assignments at his discretion, with the request that the information thus gained be reported back to the class at its next session. With a few minor exceptions these references are to German authorities, and it is hoped that if the instructor sees fit to add others he will pursue the same plan, — scientific information and scientific method through scientific German. The amount of such outside reading will be governed, of course, by the judgment of the instructor and the ability of the class and where it seems desirable may be dispensed with altogether. The works to which reference is made (see p. 245) are in all cases worthy of a place on the shelves of the college library quite apart from their use in connection with this *Reader*, so that the instructor will surely not be making any unreasonable demand in requesting the Librarian to order for the use of the class such as may not already be on hand.

The notes, though chiefly in English, will be found to contain a considerable body of descriptive matter in German. A high regard for consistency would lead one perhaps to employ the one language to the exclusion of the other. But it has seemed to me advisable to be guided by more practical considerations, — on the one hand the desirability of affording the reader the opportunity to acquire the foreign idiom from the notes as well as from the text itself, and on the other a recognition of the fact that the notes ought not to rival the text in the demands which they make

[1] Neither the student of science nor the student of literature should read books as such. The former should study topics, the latter authors.

upon the time and energy of the student. The excerpts from various German authorities are rarely quoted verbally. Much has been omitted and many sentences have been recast to suit the requirements of the altered context. But inasmuch as full references have been given in each case it has seemed unnecessary to indicate these changes in detail. The same remarks apply to the texts themselves, and any inequalities that may be noticeable in the style should be charged up to the editor rather than to the authors of the various articles.

The arrangement of the different sciences represented is alphabetical and the order in which they are to be taken up may well be decided by the needs and wishes of the students themselves. But when the first choice has been made the interrelation of the various sciences ought not to be overlooked. The articles "Anthropologie" and "Geologie," for example, may well be read in conjunction since both exhibit man as being in a certain sense a geological phenomenon. The forces which play about the sun, as described in the article "Astronomie," are met with again in the atmosphere of the earth, as described in the article "Meteorologie." The article "Biologie" is devoted chiefly to a discussion of the cell, the elementary organism, and in the article "Botanik" we find the character of the cell, its "individuality," a determining factor in the distribution of plants over the face of the earth. Physics and Chemistry have long been allies, but they are also sciences of such fundamental importance that they may be read not only in conjunction with each other, but also in connection with almost any of the other sciences; Physics particularly, is indispensable to the meteorologist and Chemistry to the biologist.

In selecting the texts the question of their relative ease or difficulty for English speaking readers has received little or no consideration. Indeed, it will be found that scientific literature in all languages is rather uniform in style and while it is not written in words of one syllable, neither is it, as a rule, particularly involved or abstruse. Nevertheless, a natural grading of the reading matter as to difficulty does occur in so far as the articles on Astronomy and Chemistry are written in a relatively simple style, — the former being in a somewhat conversational tone and the latter in the form of direct address.

For the illustrations used in this volume, not found in the original texts, I am indebted to the following individuals and organizations to whom I take this opportunity of expressing my sincere appreciation:

The Frontispiece is from an original photograph by Dr. George C. Martin of the U. S. Geological Survey.

The plates for Figs. 5 and 6 were furnished by Miss Mary Cynthia Dickerson, editor of the *American Museum Journal*, New York City.

Fig. 7 is from a negative furnished by the Mt. Wilson Solar Observatory, Pasadena, Cal.

Fig. 14 is from a photograph by Mr. S. P. Sharples and Fig. 15 from a photograph by Mr. H. S. Gale, both under the direction of the U. S. Geological Survey.

Fig. 16 is from a photograph supplied by the Weather Bureau of the U. S. Dept. of Agriculture.

Plates 20 and 22 are from photographs furnished by Dr. Reinhard Süring of the Royal Prussian Meteorological Institute, Potsdam Observatory.

Information concerning errors or omissions will be appreciated. I should be glad also to receive from any readers

interested in photography original photographs illustrating phenomena described in the text, and shall be pleased to give due credit for such as may prove available for use in a later edition of this book.

H. Z. KIP

VANDERBILT UNIVERSITY,
July, 1914.

CONTENTS

PAGE

INTRODUCTION v

TEXT

ANTHROPOLOGIE 3
Aus: Heinrich Michelis, Unsere ältesten Vorfahren, ihre Abstammung und Kultur (Leipzig und Berlin 1910)

ASTRONOMIE 36
Aus: Hermann J. Klein, Astronomische Abende (Leipzig 1911)

BIOLOGIE 62
Aus: Oscar Hertwig, Allgemeine Biologie (Jena 1912)

BOTANIK 93
Aus: A. Martin Rikli, Richtlinien der Pflanzengeographie in Abderhaldens Fortschritte der Naturwissenschaftlichen Forschung, Bd. III (Berlin und Wien 1911)

CHEMIE 125
Aus: Rudolf Ochs, Einführung in die Chemie (Berlin 1911)

GEOLOGIE 155
Aus: Johannes Walther, Geschichte der Erde und des Lebens (Leipzig 1908)

METEOROLOGIE 182
Aus: Alfred Wegener, Neuere Forschungen auf dem Gebiete der atmosphärischen Physik in Abderhaldens Fortschritte der Naturwissenschaftlichen Forschung, Bd. III (Berlin und Wien 1911)

PHYSIK 218
Aus: Leo Graetz, Das Licht und die Farben (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 17, Leipzig 1910)

NOTES 243

VOCABULARY 323

LIST OF ILLUSTRATIONS

Aschbeladene Weißfichten am Vorhafen von Kodiak, Alaska . . . . . *Frontispiece*

FIGURE PAGE

1. Schädeldach des Spy-Menschen, des Neandertalers (*homo primigenius*) und von *Pithecanthropus erectus* 10
2. Unterkiefer des *Homo Heidelbergensis* 11
3. Stammbaumskizze der Primaten 14
4. Eolithe von Puy Courny, Beachy Head, Spiennes und Laugerie basse 19
5. Viehhütende Weiber. Wandmalerei der Diluvialzeit . . . 22
6. Eber im vollen Lauf. Wandmalerei der Diluvialzeit . . . 23
7. Sonnenfleckgruppe 47
8. Amoeba Proteus 74
9. Ein Leukocyt des Frosches, in dem ein Bakterium eingeschlossen ist und verdaut wird 91
10. Zersetzung des Wassers durch Elektrizität 129
11. Verbrennung von Schwefel in Sauerstoff 131
12. Radiumstrahlung 149
13. Radiumatom 153
14. Glazialer Granitblock, vermutlich durch Frosteinwirkung gespalten 175
15. Zu einem Sattel gefaltete Schieferschichten der borattragenden Reihe 177
16. Aufstieg eines Kastendrachens 184
17. Meteorograph 186
18. Mittlere Zustandskurve der Atmosphäre 188
19. Drachenregistrierung einer Inversion 192
20. Cirruswolken mit Fallstreifen 197
21. Stratus und Cumulus, schematisch 206
22. Wogenwolken 208
23. Mutmaßliche Zusammensetzung der Atmosphäre 213
24. Apparat zur Erzeugung von Farben dünner Blättchen . . 220
25. Das Newtonsche Farbenglas 221
26. Newtonsche Farbenringe 222
27. Zusammenwirkende Lichtwellen 231
28. Lichtwellen mit einem Gangunterschied von einer halben Wellenlänge 232
29. Interferenzerscheinungen nach der Methode von Thomas Young 234
30. Einfaches Beugungsgitter (cf. note 236, 18) 236
31. Apparat zur Erzeugung von Interferenzstreifen 237

A SCIENTIFIC GERMAN READER

A
SCIENTIFIC GERMAN READER

ANTHROPOLOGIE

Die Abstammung des Menschen

Unsere Erde ist ein Planet, ein Wandelstern, nach Merkur und Venus der dritte in der Reihenfolge, von der Sonne aus gerechnet. Dieser löste sich vor Millionen und aber Millionen von Jahren als ein luftiger Geselle in Form eines lockeren Gasballes von der Urmutter Sonne ab und gewann selbständige Gestalt. Anfangs bis zur Weißglut erhitzt, kühlte sich der Gasball allmählich ab, zog aus der ihn umschließenden dunstigen Atmosphäre das Wasser an — es bildete sich eine feste, starre Kruste; das Land, das einst die Heimat der Menschheit werden sollte, schied sich vom Wasser. Und wiederum nach langen Zeiträumen trat etwas ganz Neues auf: die ersten Organismen, die ersten L e b e w e s e n ! Sie aber begannen einen eigenartigen Entwicklungsprozeß; sie teilten sich, pflanzten sich fort, ja allmählich trat eine Differenzierung der Geschlechter ein. In immer weiter schreitender Ausbildung der Organe entstanden Pflanzen- und Tierwelt. — Endlich sehen wir als den jüngsten Zweig des schon hoch entwickelten Wirbeltierstammes den M e n s c h e n auftreten, und unwillkürlich drängt sich uns die Frage auf:

W a n n trat der Mensch in die Entwicklungsgeschichte der Erde ein?

Im T e r t i ä r, der ältesten der drei Hauptepochen des känozoischen Zeitalters (der Neuzeit), gelangen die S ä u g e t i e r e, einschließlich der Anthropoiden zur Herrschaft. Die Anwesenheit des Menschen ist zurzeit nicht mit Sicherheit nachzuweisen. Eruptionsgesteine, wie Basalte und Phonolite, und mächtige Braunkohlenflöze sind dieser Formation eigentümlich. Die Bildung der heutigen klimatischen Zonen und Kontinente, gewaltige geologische Umwälzungen und Gebirgsbildungen, denen wir die Entstehung der großen europäischen Höhenzüge, der Alpen, Pyrenäen und Karpathen, zu verdanken haben, und erst gegen das Ende des Tertiärs die Entstehung der kleineren Gebirge: Eifel, Siebengebirge und Rhön, lehren uns, wie weit entfernt auch diese bedeutsame Periode noch von der Gegenwart liegt. Erst im D i l u v i u m, der Eiszeit, ist die Anwesenheit des Menschen in Europa mit Sicherheit nachgewiesen worden; er ist das jüngste Kind der Mutter Erde. Der glaziale Moränenschutt, sowie Ablagerungen von Löß und Lehm geben der Epoche ihr eigenartiges geologisches Gepräge. Im A l l u v i u m, der geologischen Gegenwart, endlich, mit den umfangreichen Sandablagerungen der Flüsse und des Meeres, den rezenten Schlammbildungen usw. tritt der Mensch in immer sich steigerndem Maße die Herrschaft auf der Erde an, die er sich mehr und mehr dienstbar zu machen weiß.

Wenn auch im Diluvium die Existenz des Menschen sicher nachgewiesen ist, so ist es andererseits unmöglich, für das erste Auftreten des Menschen einen festen und zeitlich genau bestimmbaren Zeitpunkt anzugeben. Vor

besonderem Interesse ist hier die Frage: Haben wir die Spuren unserer ältesten Vorfahren schon in der Tertiärzeit zu suchen? Angesehene Fachgelehrte haben auf Grund der sog. Eolithen diese Frage bejahen zu können geglaubt. Unter Eolithen versteht man vom Menschen aufgenommene und benutzte oder auch ein wenig zum Gebrauch hergerichtete Steine. Aus den Funden solcher Eolithen haben Rutot, Verworn, Hoernes u. a. die Existenz des Tertiärmenschen beweisen wollen. Aber während der Diluvialmensch durch unanfechtbare Funde bezeugt ist, bleibt die Existenz des Tertiärmenschen eine rein logische Forderung, da der Mensch der Eiszeit zweifellos bereits eine Kultur besaß, der noch primitivere Kulturstufen vorangegangen sein müssen, die auf ein noch wesentlich höheres Alter der Menschheit schließen lassen.

Die Eiszeit entstand infolge einer der viel wärmeren Tertiärzeit folgenden allmählichen Abkühlung und Vergletscherung fast der ganzen nördlichen Erdhälfte. Von Norden her erstreckten sich gewaltige Eismassen bis nach Mitteldeutschland, bis zum Nordharz, hinein, und zur Zeit ihrer größten Ausdehnung reichten die Gletscher der Alpen einerseits bis hoch in den Jura hinauf, andererseits südwärts weit in die Ebenen der Lombardei und Venetiens hinein. Die Gliederung der Eiszeit darf zurzeit noch nicht als in allen Einzelheiten feststehend gelten. Jedoch ist es sicher, daß es sich um mehrere Perioden starker Vergletscherung mit dazwischenliegenden Rückgangsperioden der Gletscher handelt. Im allgemeinen nimmt man drei bis vier solcher Vergletscherungen an.

Eine wichtigere, für die Kulturgeschichte der Mensch-

heit ungeheuer wichtige Einteilung der Eiszeit nach den Funden von Werkzeugen und Waffen versuchte als erster der Franzose Mortillet. Auf diesem System fußend schuf dann der Wiener Prähistoriker und Archäologe Hoernes ein vereinfachtes neues System, nach dem wir die Eiszeit kulturgeschichtlich in drei Perioden zerlegen müssen. Die Namen sind in Anlehnung an die wichtigsten Fundstätten gebildet. Die wichtigsten eiszeitlichen Kulturperioden sind das Chelléo-Moustérien, das Solutréen und das Magdalénien. Das Chelléo-Moustérien ist die älteste der drei Perioden und zugleich die älteste Epoche der Anwesenheit des Menschen (homo primigenius). Eine interessante Tierwelt lebte damals am Rande der Gletscherwelt und in den etwas wärmeren kontinentalen Gegenden. Da finden wir vor allem das Mammut und in Höhlengegenden besonders zahlreich den Höhlenbär; daneben kommen Elephas, Rhinozeros, Hippopotamus u. a. in Betracht. Die wichtigsten Fundstätten fossiler Menschenreste aus dieser Periode sind: Le Moustier in Frankreich, Spy in Belgien, Krapina in Kroatien und das berühmte Neandertal bei Düsseldorf, Taubach, Rübeland usw. in Deutschland. Vermittelt durch die kürzere Acheuléenperiode schließt sich an das Chelléo-Moustérien das Solutréen an, einschließlich des sog. Aurignacien als einer Art Übergang zu der letzten der drei großen eiszeitlichen Kulturperioden. Die Menschen des Solutréen besaßen zweifellos bereits eine vorgeschrittene Jägerkultur; die Steinwerkzeuge sind jetzt wesentlich feinerer Art; Schnitzereien auf Knochen, Tierzeichnungen an Höhlenwänden und die Anfänge der Ornamentik weisen auf eine wesentlich höher entwickelte

Kultur hin. Auch die Tierwelt, inmitten derer der Mensch damals lebte, ist, zum Teil wenigstens, eine andere. Der Höhlenbär ist bereits selten, ja im Aussterben, auch das Mammut wird gegen das Ende der Periode seltener. Zahlreich sind Höhlenraubtiere aller Art, Wildpferde usw. War die erste Periode die eigentliche Zeit des Höhlenbären, so kann man das Solutréen mit Recht als die Mammut- und Pferdezeit bezeichnen. Hauptfundstätten fossiler Menschenreste dieser Periode, die nur wenig von den älteren des Chelléo-Moustérien abweichen, sind Solutré und Laugerie-Haute in Frankreich, sowie Brünn in Mähren. — Wiederum ein wesentlich anderes Bild zeigt das Magdalénien, die letzte der drei bedeutendsten Kulturperioden der Eiszeit. Nashorn und Höhlenbär sind gänzlich erloschen, das Mammut findet sich nur noch vereinzelt im Osten vor; das Magdalénien ist aber die eigentliche Renntierzeit, jenes Tieres, dessen Spuren der Mensch mit den zurückweichenden Gletschern nach dem höheren Norden folgte, wo wir es heute noch heimisch finden. Eine neue Menschenrasse, diejenige von Crô-Magnon, welche dem rezenten Menschen der historischen Zeit bereits wesentlich näher steht als der Neandertaler, taucht auf. Hauptfundstätten fossiler Menschenreste dieser Periode sind: Crô-Magnon, La Madeleine, Laugerie-Basse in Frankreich, das sog. „Kesslerloch" in der Schweiz, Schussenried in Bayern, Andernach und die berühmte Gudenushöhle im Kremstale in Österreich.

Interessant sind die Versuche, Dauer und Alter der Eiszeit in Annäherungszahlen zu bestimmen. So berechnete Geheimrat Prof. Dr. Penck, wohl mit der beste Kenner der Eiszeitforschung, die Dauer der

gesamten Eiszeitperioden auf ca. 500 000 Jahre; nach Mortillet hätte die älteste der von ihm angenommenen sechs Perioden allein einen Zeitraum von 78 000 Jahren umfaßt. Nuesch wiederum berechnete das Alter der ältesten menschlichen Reste auf 20 000 Jahre. Sicher kann dieses Resultat heute nicht mehr befriedigen. Vielmehr bestätigen die jüngsten Funde fossiler Menschen, welche Nuesch noch nicht kannte, die Annahme Pencks: „Wir können das Alter des Menschengeschlechts in Europa mit einiger Wahrscheinlichkeit auf ein paar hunderttausend Jahre veranschlagen". Mortillet berechnete das Alter der Menschheit bereits auf 230–240 000 Jahre, und in neuester Zeit fand Reinhardt ein Alter von rund 400 000 Jahren. Naturgemäß handelt es sich bei allen diesen Angaben um mehr oder weniger zuverlässige Annäherungswerte, und mehr beanspruchen sie auch nicht.

Bei näherer Betrachtung der Funde von Menschenresten ältester Zeit gewinnt vor allem die Frage große Bedeutung: Müssen wir auf Grund dieser Funde annehmen, daß es sich hier um eine einheitliche Rasse handelt, oder müssen wir davon überzeugt sein, daß in Europa während der Diluvialzeit bereits verschiedene Formen der Gattung Mensch gelebt haben? Da diese Frage nach dem heutigen Stande der Wissenschaft bejaht werden muß, richten wir unser Augenmerk zunächst auf die prähistorischen Menschenrassen. Die älteste uns bekannte, durch unanfechtbare Funde beglaubigte Menschenrasse gehört dem mittleren Diluvium an, oder, kulturgeschichtlich gesprochen, der älteren (paläolithischen) Steinzeit an. Man bezeichnet sie als die Nean-

dertalrasse (homo primigenius). Der Neandertaler war ein Zeitgenosse des Höhlenbären und des Mammuts, ein Höhlenbewohner der älteren Steinzeit, dessen primitive Chelléo-Moustérienkultur an anderer Stelle ausführlich geschildert werden soll. Funde von zweifellos zu dieser Rasse gehörigen, im ganzen gleichartigen Menschenresten stammen aus: Neandertal, Spy, Krapina, La Naulette, Schipka, Ochos, Gibraltar usw. Fig. 1. Nach den Untersuchungen Schwalbes ist homo primigenius bereits im Diluvialalter erloschen, also noch vor Anbruch der geologischen Gegenwart, dem Alluvium, durch die zurzeit lebende Menschenart ersetzt worden. Die hervortretendsten Merkmale dieses Diluvialmenschen sind die schwache Entwicklung des Stirnhirns und dadurch bedingte Niedrigkeit des Schädels und die starke Entwicklung der Augenbrauenbogen, welche zum Schutze für das schärfste und bedeutsamste Sinnesorgan des Menschen, das Auge, mit starken Wulste schirmartig überragen. Ferner sind die fliehende Stirn und schwächere Aufrichtung des Hinterhauptbeines sowie auch besonders die mangelhafte Kinnbildung charakteristische Merkmale des homo primigenius. Ja bei dem alt diluvialen Typus fehlt die eigentliche Kinnbildung fast ganz. Die Arme des Neandertalers sind nicht annähernd so lang wie die Beine. In dieser Hinsicht finden wir einen im wesentlichen menschlichen Typus. Übrigens vereinigt diese fossile Rasse charakteristische Merkmale, welche noch heute bei verschiedenen Naturvölkern, z. B. den Eskimos, bei Afrika- und Australnegern zu finden sind. Die neuesten Funde, welche augenscheinlich ebenfalls der Neandertalrasse zuzurechnen sind, besitzen zum Teil wenigstens ein noch höhe-

res Alter als alle bisher bekannt gewordenen. Im Jahre 1907 machte man den bedeutsamen Fund des sog.

Fig. 1. Schädeldach des Spy-Menschen (oben), des Neandertalers (*homo primigenius*) und von *Pithecanthropus erectus* (unten). Nach Krantzschen Gipsabgüssen.

Unterkiefers von Mauer bei Heidelberg. Fig. 2. Dieser besitzt eine durchaus tierische, der äffischen sehr verwandte Form; doch sind die Zähne zwei-

fellos echte Menschenzähne. Der Unterkiefer aus den Sanden von Mauer stellt den ältesten bisher überhaupt bekannt gewordenen Menschenrest dar. Die allgemeine „Massigkeit" ist erstaunlich, das Kinn fehlt fast ganz, die Äste am hinteren Ende des Kiefers zeigen Züge von einem affenhaften Stammtypus. Wenn der-

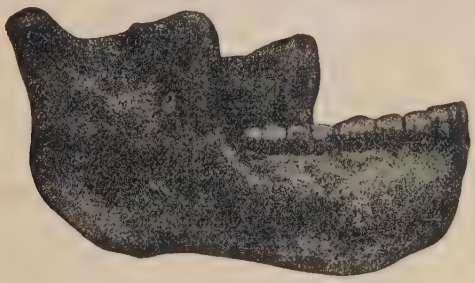


Fig. 2. Unterkiefer des *Homo Heidelbergensis*.

selbe auch nicht tertiäres Alter besitzt, so gehört er sicher in das älteste Diluvium.

Der Schädel eines 16- bis 18jährigen Jünglings, dessen Skelett jedoch schon alle typischen Merkmale der Neandertalrasse aufweist, wurde im Jahre 1908 im Vézèretal in der Dordogne ausgegraben (der Schädel von Le Moustier). Das Alter der Acheuléenformation, welcher der Fund angehört, hat man auf Grund genauer Messungen der Denudation in der mittleren Schweiz und im Schwarzwald auf rund 400 000 Jahre berechnet.

Neben der Neandertalrasse existierte in Europa in der Eiszeit noch ein ganz anderer Typus der Menschheit, ein Menschenschlag, der nach den Kulturresten in Südfrankreich als Aurignac-Rasse bezeichnet wird. Jedoch weist diese bereits eine höhere Kultur auf; sie kam jeden-

falls von Osten her und besitzt ein entschieden jüngeres Alter. Nach Klaatsch jedoch haben die plumpere Neandertalrasse und die feinere Aurignacrasse gleichzeitig und nebeneinander gelebt. Der homo aurignacensis von Montferrand (im Berliner Völkermuseum) soll südasiatische Herkunft zeigen und ist nach Reinhardt ca. 180 000 Jahre alt. Von der Neandertalrasse zu unterscheiden ist aber ferner die sog. Crô-Magnonrasse, der „homo priscus". Sie ist wesentlich jünger als homo primigenius und gehört dem jüngsten Diluvium an. Sie gilt nach Wilser als Stammvater der Nordeuropäer. Nach den Funden von Crô-Magnon, La Madeleine, Laugerie-Basse, Lautsch usw. waren die Angehörigen dieser Rasse Renntierjäger der Magdalénien-Periode, welche dem modernen Menschen, homo recens, bereits sehr nahe standen. Der Fundort, nach welchem die Franzosen Quatrefages und Hamy dieser Rasse den Namen „Crô-Magnonrasse" gaben, liegt im Tale der Vézère, in der Dordogne.

Ein weiterer Fund, der ungeheuer viel Aufsehen erregt hat — glaubte man doch in ihm das von Darwin geforderte „missing link" zwischen Menschenaffe und Urmenschen gefunden zu haben — nimmt eine Sonderstellung ein: der im Jahre 1892 von dem holländischen Arzte Dubois bei Trinil auf Java in einem Flußufer aufgefundene berühmte: Pithecanthropus erectus. Dieser kann nicht mit Sicherheit als echter Mensch oder als besonders großer, hochentwickelter Affe bezeichnet werden, sondern war wahrscheinlich ein mit beiden Stämmen verwandtes, aufrechtgehendes Wesen. Erhalten sind nur ein Oberschenkel, ein paar Zähne und vor allem das Schädeldach. Fig. 1. Interessant ist nun vor

allem das Verhältnis des Rauminhalts dieses Schädels zu anderen menschlichen oder tierischen Schädeln. Während der Rauminhalt des Schädels höherer Menschen, d. h. der arischen Europäer stets über 1500 ccm beträgt, erreicht derselbe bei niederen Menschen im Durchschnitt nur 1235–1350 ccm. Homo primigenius hatte einen Rauminhalt des Schädels von 1230 ccm, Pithecanthropus erectus von rund 950 ccm. Bei den anthropomorphen Affen, Gorilla, Orang, Schimpanse und Gibbon findet sich nur ein Rauminhalt des Schädels von 500–600 ccm. Beim Gorilla ist einmal ein Maximum von 605 ccm gefunden worden. Diese Zahlen lehren deutlich, daß Pithecanthropus erectus seiner Schädelkapazität nach zwischen Gorilla und Homo primigenius, dem Neandertaler, steht. Die erhalten gebliebenen Zähne zeigen nach Größe und Wurzelstellung affenähnlichen Charakter, während die Kronenfläche durchaus mehr menschlichen Charakter hat. Wenn auch heute die Ansicht nicht mehr aufrecht erhalten werden kann, daß es sich bei diesem Funde um ein direktes „missing link" handele, so hat doch damit der Fund an Bedeutung nichts verloren, denn trotzdem nimmt er eine Sonderstellung, und zwar eine Mittelstellung zwischen einem hochentwickelten Affen und einem niedrigstehenden Natur- oder Urmenschen ein. Die moderne Anthropologie erkennt den Wert des Fundes voll an, wenn sie heute annimmt, daß es sich bei Pithecanthropus erectus um den Vertreter einer auf tieferer Entwicklungsstufe stehenden „Vorbereitungswelle" handelt, die der eigentlich menschlichen vorausging. — So stellt Pithecanthropus erectus einen Seitenast

76453

der Entwicklungslinie zum Menschen dar, die voraussichtlich ausgestorben ist. Schematisch ließe sich die Beziehung von Pithecanthropus zum Menschen, und von beiden zu den Großaffen durch folgendes Schema darstellen:

Fig. 3. Stammbaumskizze der Primaten. Nach Prof. Dr. Ludwig Plate, Jena.

Die Ergebnisse der modernen Paläontologie des Menschen lassen sich in Kürze etwa in folgende Leitsätze zusammenfassen: Je ältere Menschenreste uns vor Augen treten, um so tierischer und affenähnlicher werden sie. Nicht erwiesen ist, welches die unmittelbaren tierischen Vorfahren des Menschen sind. Die Verwandtschaft des Menschen mit den Großaffen ist so zu verstehen, daß sich zwar nicht direkt die ersteren aus den letzteren entwickelt haben, daß aber andererseits die Verwandtschaft zwischen beiden — im zoologisch-biologischen Sinne — so groß ist, daß sie nur durch eine Entwicklung aus gemeinsamer Wurzel erklärt werden kann.

Eine Ergänzung und Bestätigung ihrer Ergebnisse erhält die Paläontologie des Menschen in der vergleichenden Anatomie und Embryologie. So lehrt z. B. die vergleichende Anatomie, daß der Mensch seiner ganzen Körperlichkeit nach zweifellos ein Säugetier ist, und daß unter diesen ihm die Anthropoiden, die menschenähnlichen Affen, am nächsten stehen. Diese Tatsache bestätigt auch vollkommen der Bau des Gehirns, ferner der Bau von Hand und Fuß, die Zahnordnung, die mancherlei rudimentären Organe, der gleichartige Bau des Augenhintergrundes usw. Dazu kommt der physiologische Beweis, durch welchen experimentell eine Blutsverwandtschaft der Anthropoiden mit dem Menschen nachgewiesen wurde. Ja, die neuesten Untersuchungen Uhlenhuths haben sogar den Nachweis geführt, daß zwar naturgemäß keine „Identität" des Blutes nachgewiesen werden könne, andererseits aber hier gerade der eklatanteste Beweis für die „Affenverwandtschaft" im biologischen oder biochemischen Sinne jedermann im Reagenzglase vor Augen geführt werden könne. Und da finden wir die interessante Tatsache, daß auch der geistigen Befähigung nach die „Affen" dem Menschen am nächsten stehen, und zwar unter ihnen wiederum die Anthropoiden. So benutzen die Anthropoiden schon fremde Gegenstände als Waffen oder Werkzeuge. Sie besitzen zwar keine grammatisch und logisch gegliederte Sprache, denn ihnen fehlt das „Brocasche Sprachzentrum", das die anatomische Grundlage des Sprechvermögens des Menschen bildet. Wohl aber besitzen sie einen verhältnismäßig großen Reichtum an verschiedenartigen, verschieden artikulierten Lauten mit besonderer Bedeutung, und

zwar zur gegenseitigen Verständigung. Dr. Sokolowski, der wissenschaftliche Assistent Karl Hagenbecks in Stellingen-Hamburg, faßt seine auf langer persönlicher Beobachtung der Menschenaffen beruhenden Erfahrungen in folgende Sätze zusammen: „Der Befund einer hohen Intelligenz (Gedächtnis, Verschlagenheit, Klugheit neben bedeutenden Unterschieden des Temperaments) bei den rezenten Anthropomorphen macht es noch überzeugender als die Befunde der morphologischen Forschung, daß dieselben dem Stammbaum des Menschen sehr nahe stehen und mit ihm aus gemeinsamer Basis abzuleiten sind. Affe und Mensch sind in morphologischer wie in psychischer Hinsicht nur graduell voneinander entfernt; sie sind die divergierenden Glieder eines Entwicklungsganges aus einheitlicher Basis."

Die Kultur unserer ältesten Vorfahren

Wir kehren zu dem Menschen der Eiszeit zurück und fragen uns: Was wissen wir von dem Leben, namentlich des Menschen, zur Zeit jener Vergletscherung der nördlichen Erdhälfte? Wo das feste Land nicht von Eismassen überlagert war, treffen wir in jener Zeit nur wenige Wälder, dafür aber weite Moorsteppen und Sümpfe an; es gedeiht nur eine dürftige, verkrüppelte Flora. Polare Tiere bevölkern das Land; es herrscht eine arktische Kälte. An Tieren finden wir da den gewaltigen elephas primigenius, das Mammut, Flußpferd und auch schon das Renntier, den Höhlenbären und Moschusochsen; später auch das Wildpferd und gewal-

tige Hirsche, deren Geweihenden bis zu zwölf Fuß voneinander entfernt sind. Vor allem war der Höhlenbär, der eigentliche Herrscher zur Zeit des Chelléo-Moustérien, ein riesengroßer, garstiger und gefährlicher Geselle. Oft mußte der Mensch mit ihm ringen, mußte sich menschliche Kraft und Intelligenz mit der rohen Naturkraft dieses Gegners messen, um ihm seinen Wohnplatz, seine Höhle abzustreiten. Oft blieb der Mensch wohl Sieger; bisweilen aber unterlag er auch dem kraftvollen Feinde, wovon die Oberschenkelfunde aus dem „Hohlefels" in Schwaben und ähnliche leider ein untrügliches Zeugnis ablegen. Besonders charakteristisch für die Eiszeit ist auch das Mammut. Ganze Tiere mit ihrem Fell haben die Eismassen der sibirischen Überschwemmungsgebiete dem staunenden Kulturmenschen späterer Jahrtausende erhalten. Auch bei uns in Deutschland, besonders im Rheintal gemachte Funde erzählen von märchenhaften alten Zeiten, in denen der Mensch am Rande gewaltiger Gletschermoränen im Kampfe mit der Natur und ihren Geschöpfen seine Kulturlaufbahn begann.

Das Auftreten des Menschen auf der Erde bedeutet im eigentlichen Sinne den Anfang der Kultur. Nicht daß wir nicht auch bei hochentwickelten Tieren Anfänge von Kultur fänden! Natur und Kultur sind im Grunde keine Gegensätze, sondern Stufen einer fortschreitenden Entwicklung. Bilder aus dem Leben des Ameisenlöwen oder gar des Bibers, des ersten eigentlichen Baumeisters noch vor der Zeit, als der Mensch die ersten Pfahlhütten errichtete, lehren uns erkennen, daß wir auch im Tierreich bereits Kultur finden. Der Mensch aber gelangte kraft der gewal-

tigen Entwicklung des Intellekts, des Großhirns, zu einer Höhe, die ihn heute weit über die unendliche Schar aller anderen Organismen hinaushebt, so daß mancher zu glauben versucht erscheint, er hätte mit den anderen Mitgeschöpfen dieser Erde nichts gemein.

Die erste große Erfindung des Menschen war die Feuererzeugung. Diese Tatsache spiegelt sich in den alten Mythen von Agni, Prometheus u. a. wieder, läßt sich auch aus den Funden der sogenannten Hakenkreuze erweisen. Diese bestehen aus zwei Stäbchen, die am Kreuzpunkt eine kleine Vertiefung erhielten. In diese wiederum wurde ein Quirl eingeführt, der durch Rotierung einen Funken erzeugte, welcher durch einen bereitliegenden Zündstoff aufgefangen wurde. Diese Art der Feuererzeugung finden wir noch heute bei verschiedenen Naturvölkern, so z. B. den Indianern aus Bolivia, den Australnegern und anderen mehr. Daneben erzeugte man später das Feuer durch Schlagen von Stein an Stein und wiederum später an Eisen oder Stahl. Das Feuerkreuz ist bei allen Völkern, vor allem den Ariern, ein altes Symbol des Lebens. Es spiegelt sich hierin wohl die Anschauung wieder, daß kein „Element" dem Leben so gleicht, wie das nimmer ruhende, plötzlich verlöschende Feuer. Daher spielt das Feuer auch im Kultus der Völker eine bedeutsame Rolle.

Mit der Feuererzeugung Hand in Hand ging die Schaffung von Werkzeugen, zu bestimmten Zwecken. Fig. 4. Auch hier finden wir Ansätze bereits in der Tierwelt. Reißt doch z. B. der Gorilla bei der Verfolgung Äste ab, um sich zu wehren. Aber auch hier tat der Mensch erst einen wesentlichen Schritt vorwärts,

fraglos eine Folge des aufrechten Ganges. Denn der aufrechte Gang ermöglichte eine höhere Entwicklung des Gehirns und damit der höheren geistigen Fähigkeiten, vor allem des Erfindungsgeistes, der sich zuerst in mechanischer Geschicklichkeit kundgab. Mit dem Werkzeug und der Waffe — die im Grunde auch nur ein

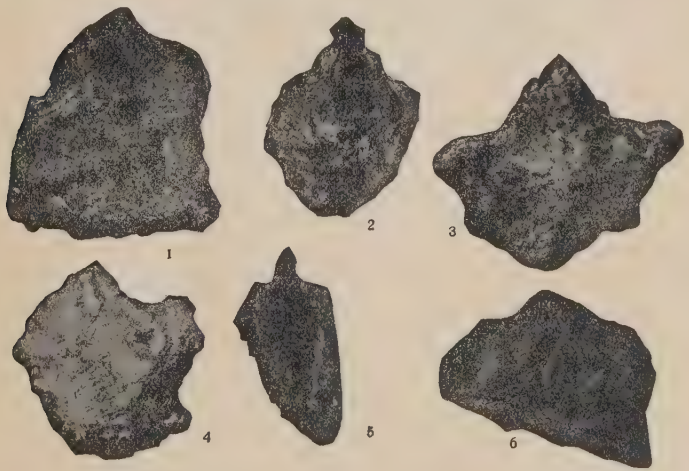


FIG. 4. Eolithe von Puy Courny, Beachy Head, Spiennes und Laugerie basse; 1–3 tertiär und 4–6 paläolithisch.

Werkzeug ist — zwang der Mensch die Natur zu seinem Dienste; jetzt beginnt die eigentliche kulturelle Entwicklung des Menschengeschlechts.

Nach dem für die Werkzeuge verwendeten Material bezeichnen wir die älteste Epoche der Menschheitsgeschichte als die ältere Steinzeit oder paläolithische Periode. Sie umfaßt zeitlich die drei Perioden des Chelléo-Moustérien, Solutréen und

Magdalénien und soll hier als einheitliche Periode aufgefaßt werden. Wir besitzen in unseren Museen aus der älteren Steinzeit bereits eine außerordentlich große Anzahl behauener Steinwerkzeuge. Sie sind die ältesten Boten vorhandenen Kulturlebens. Im allgemeinen ist der Stoff: Feuerstein; daneben kommen auch Quarz, Hornstein u. a. zur Verwendung. Freilich darf der Stein nicht als das einzige Material der nach ihm bennanten Steinzeit angesprochen werden. Stein bedeutet hier nur im allgemeinen Gegensatz zum Metall, das damals noch unbekannt war oder doch zum mindesten nicht zu Werkzeugen verarbeitet wurde. Neben den Steinwerkzeugen kommen auch solche aus Holz, Knochen, Hirschhorn oder Elfenbein vor. Charakteristisch für alle Funde der älteren Steinzeit ist die noch rohe Bearbeitung, nichts ist etwa geschliffen. Die ältesten Feuersteinwerkzeuge sind bloße abgeschlagene Späne, welche als Messer oder Schaber verwendet wurden, wie sie die Eskimos noch heute zum Bearbeiten der Felle verwenden. Später zeigen sich deutliche Spuren bewußter menschlicher Bearbeitung. Schließlich befestigte man das Steinmaterial kunstvoll an hölzernen Stielen und machte damit den ersten Schritt zu einer kombinierenden Technik. Wir können die paläolithischen Steinfunde in Waffen und Werkzeuge einteilen. Oft dienten in ältester Zeit wohl aber auch solche Gegenstände beiden Zwecken. Waffen trugen übrigens auch die Frauen, und zwar Schutz- und Streitwaffen. Von Werkzeugen und Geräten aller Art besitzen wir aus jener Zeit Beile, Haumesser, Schaber, Trinkgefäße u. a. m. Zu Schabeinstrumenten verwendete man vorzugsweise gern Bärenkiefer und -klauen. Im Museum zu Weimar

wird aus den Funden zu Taubach in Thüringen ein Trinkgefäß aufbewahrt, zu dem man die Hüftgelenkspfanne eines Rhinozeros verwendet hatte. Für diese Funde sind übrigens die Gudenushöhle in Österreich, der Hohlefels in Schwaben und Krapina in Kroatien — neben zahllosen anderen — einige der wichtigsten Fundstätten.

Noch in der älteren Steinzeit trug man Gewänder aus Häuten, namentlich im Magdalénien, der sogenannten Renntierzeit. Man nähte sie mit Hilfe von Knochennadeln und Fäden aus vom Renntier gelieferten Darmsaiten. Gewebte Stoffe freilich kannte man selbstverständlich in so früher Zeit nicht.

Die Wohnstätten des Urmenschen waren allereinfachster Art, hohle Bäume oder Felshöhlen, deren Besitz er oft genug dem Höhlenbären streitig machen mußte. Doch boten sie Schutz gegen Tiere und Witterung. Die Frau besorgte den Hausstand und erzog die Kinder; der Mann ging auf die Jagd. In diesen einfachen Zügen spiegelt sich im allgemeinen das Leben des ältesten Steinzeitmenschen wieder. Das Menschenvolk der Diluvialzeit war ein Jägervolk. Und sie litten keinen Mangel. Vielmehr wimmelten die Wälder von Jagdtieren, und die Gewässer waren reich an Fischen. Schon am Ende der älteren Steinzeit ging man nämlich auch auf den Fischfang und bediente sich dabei, namentlich in der jüngeren Steinzeit, harpunenartiger Geräte aus Knochen. — Auch die liebe Eitelkeit spielte bei dem Urmenschen schon eine besondere Rolle. Man schmückte sich, und zwar mit Gehängen aus Zähnen der Tiere, namentlich des Pferdes, des Eisfuchses, der Wildkatze usw. Neben den Tierzähnen finden auch

fossile Schneckenschalen vielfach als Schmuck Verwendung.

Selbst die Spuren erster künstlerischer Betätigung führen bis in die paläolithische Urzeit hinab, wenigstens bis ins Solutréen, die zweite Kulturperiode der Eiszeit, die Mammutperiode. Die ältesten erhaltenen Zeichnungen in Knochen oder vor allem an den

Fig. 5. Viehhütende Weiber. Im Hintergrund eine Jagdpartie. Skizze einer Wandmalerei der Diluvialzeit aus einer Höhle bei Cogul in Spanien.

Felswänden dürfen als zwar zum Teil recht primitive, doch aber auch echte Kunstwerke angesehen werden. Man benutzte dazu Stichel aus Feuerstein oder Kohle und farbige Erden, besonders Ocker. (Figs. 5, 6.) Solche Zeichnungen finden sich zum Teil in wunderbarer Größe — sie sind oft 1–1,5 m hoch — vielfach in der Dordogne, zumal in den Höhlen von Combarelles, ja sogar farbig, wie z. B. in der Höhle Font de Gaume im

Vézèretal. Während die ersteren fast ausschließlich das Mammut darstellen, hat der Zeichner von Font de Gaume den Wisent, das wilde Urrind, dargestellt. In den Pyrenäen, bei Périgord, fanden sich mehr als 300 solcher Tierzeichnungen, wiederum vorzugsweise vom

Fig. 6. Eber im vollen Lauf. Wandmalerei der Diluvialzeit aus der Altamirahöhle, Nordspanien.

Mammut. Über die Entstehung solcher primitiver Tierzeichnungen sagt Dr. Reinhardt-Basel wohl mit Recht: „Die Tiere, die die Menschen erbeuten wollten, stellten sie auch bildlich dar, indem sie sich so durch Zauber derselben bemächtigen zu können glaubten.“ — Zweifellos hat hier die Kultur bereits einen gewaltigen

Schritt vorwärts getan. Wir haben in diesen künstlerischen Versuchen wohl die höchste Kulturleistung des Diluviums zu sehen. Am Ende der paläolithischen Periode fand eine Spaltung statt, eine Linie des Menschengeschlechts ging nach Süden, eine andere nach Norden. Sie folgte mit der Rückbildung der Vergletscherungen den Spuren des ebenfalls nach Norden wandernden Renntiers.

Besonders interessant für das Verständnis der älteren Steinzeit ist die germanische Mythologie. Sie ist namentlich in einzelnen Bestandteilen sehr alt und knüpft unmittelbar an die Eiszeit an. Die älteste Gottheit der Germanen ist nach der Edda der Riese Ymir. Er entstand einst in grauer Vorzeit aus schmelzenden Eisblöcken. Die Erde aber, die ihn trägt und erzeugte, entstand aus der Berührung zweier Welten, des kalten Nifelheim und des heißen Muspelheim. Der Urmensch, der am Rande der langsam hinschmelzenden Gletscherwelt der Eiszeit lebte, hinterließ in seiner Mythe von der Entstehung der Erde ein deutliches Bild seiner frühesten und einfachsten Glaubensvorstellungen, welche in dem Naturbilde der schwindenden Eiszeit zur Zeit des Steinzeitmenschen wurzeln.

Auf die ältere Steinzeit folgt — freilich nicht unmittelbar — die jüngere Steinzeit oder neolithische Periode. Immerhin muß man eine Zwischenzeit von etwa 3–4000 Jahren annehmen. Nach Nuesch muß diese Übergangsperiode oder mesolithische Periode sogar einen Zeitraum von rund 10 000 Jahren umfassen. Über diese Zwischenzeit wissen wir verhältnismäßig sehr wenig. Während Mortillet, Car-

taillac und andere eine kontinuierliche Bewohnung Europas annehmen, fand nach Reinach zum Beispiel eine allgemeine Auswanderung nach Norden statt; Westeuropa soll dann in jener Zeit an Menschen leer gewesen sein. Die Wissenschaft hat noch nicht endgültig zugunsten einer der beiden Hypothesen entschieden.

Auch in der jüngeren Steinzeit ist das Material für die Werkzeuge vor allem noch der Stein, besonders der Feuerstein. Jahrtausendelang hat dieser Stein die bedeutsamste Rolle im Kulturleben der Menschheit gespielt. In der jüngeren Steinzeit verwendete man daneben auch Knochen und Geweih, jedoch nicht mehr dasjenige der arktischen Tiere, wie z. B. des Renntiers, sondern der noch heute bei uns einheimischen. Charakteristisch für die ganze Zeit sind jedoch die wesentlichen Fortschritte in der Bearbeitung des Materials, d. h. Fortschritte in technischer Hinsicht. Die Waffen zeigen einen besonders zugeschlagenen Griff; die Werkzeuge aber sind geglättet, poliert. Meistens finden wir sie auch durchbohrt. Zum Bohren benutzte man voraussichtlich Hohlzylinder aus Horn, Holz oder Knochen. Dem Rohre wurde dann nur noch etwas feuchter Sand untergeschoben. Auf künstlichem Wege hat Graf Wurmbrand diese primitive Bohrung nachzumachen versucht. Das Resultat ergab zunächst die Möglichkeit einer Bohrung auch ohne Hilfe des Metalls. Dann aber traten während der Arbeit allerhand Mißlichkeiten auf, z. B. durch Abbrechen des Bohrers an der Umlaufsrille; und diese hinterließen genau die gleichen Spuren, wie sie an den neolithischen Funden ebenfalls wahrzunehmen sind. Damit erscheint es ziemlich sicher, daß man in alter Zeit mit Hilfe solcher Hohlzylinder die Steinwerk-

zeuge durchlöcherte. Freilich war es eine mühsame, schwere und langsame Arbeit.

Auf den jung-steinzeitlichen Tongefäßen finden wir die ersten Spuren von Ornamentik. Das paläolithische Zeitalter kannte keine tönernen Kochgefäße. Man kochte auf Steinplatten. Die Hausfrau der neolithischen Zeit hatte es schon bequemer. Hatte man doch bereits die Keramik, die Kunst der Töpferei, erfunden. Sie hat sich aus der Korbflechterei entwickelt. Die älteste Ornamentik erinnert in ihrer Nachbildung den Flechtmuster hieran. Früher besaß man nur wasserdichte Körbe; diese konnten aber nicht über das Feuer gebracht werden. So behalf man sich damit, in solche mit Wasser und rohen Nahrungsmitteln gefüllte Körbe glühend heiße Steine zu werfen und das Wasser dadurch zum Sieden zu bringen. So machen es übrigens die nach diesem Gebrauch benannten Assiniboins oder Steinkocher nördlich vom oberen Missouri noch heute. Nun machte man schon in alter Zeit bald die Erfahrung, daß der Lehm, mit dem man die Körbe verdichtete, sich härtete und trocknete, sobald er mit dem Feuer in Berührung kam. Da brauchte man nur noch das Flechtwerk als eine bloße „Form" abzubrechen oder wegzubrennen, und — das erste echte Tongefäß war fertig.

Auf diesen Tongefäßen finden wir nun die ältesten Ornamente, in der Form von gestreiften Dreiecken oder auch Punktstreifen. Diese Tonfunde sind übrigens gewöhnlich Grabfunde. Die Leichen wurden unverbrannt bestattet. Die Anfänge der Totenverbrennung finden wir erst in der Metallzeit. Die Toten erhielten bei der Bestattung Gaben mit in das Grab, und zwar die Männer vorzugsweise Waffen, die Frauen

Schmucksachen, daneben aber auch vielfach Tongefäße. Oft errichtete man auch gemeinsame Grabstätten, Kammern aus mächtigen Steinblöcken, welche mit einem einzigen Deckstein überdacht wurden. Solche Grabstätten sind auch die mannigfachen Hünengräber, welche sich in den verschiedensten Formen vorfinden, sei es als einfache Steinmonumente mit Decksteinen, sogenannte Dolmen, oder als bloße Umfassungen von starken Steinblöcken. Doch finden sich auch, namentlich in England, Steinkreise, die man Cromlechs nennt, oder Ganggräber mit regelmäßigen Steinkammern, wie auch endlich sogenannte Hügelgräber, einfache künstliche Erdhügel, bisweilen mit Steinsetzungen unter der Erde.

In der jüngeren Steinzeit beginnt man auch, Tiere zu zähmen. Das Pferd war wohl bekannt und geschätzt, wurde aber nicht gezüchtet. Dagegen hat man den Hund als einziges Haustier in den neolithischen Muschel- und Abfallshaufen Dänemarks nachweisen können. Schädel und Knochen waren gut erhalten. Der Hund diente nicht etwa zur Nahrung, sondern zur Bewachung der Herden. Die älteste uns bekannte Rasse ist der Torfhund. Dieser ist in Europa zur Steinzeit die einzige Form des Haushundes. Er war nicht groß und wurde in verschiedenen Schlägen gezüchtet, die als Vorläufer der heutigen Spitzhunde anzusehen sind. Die Katze fehlte; dagegen züchtete man das Schwein, ein kleines, zierliches Torfrind und auch die Ziege. Diese ist überall als Begleiterin einer primitiven Kultur anzutreffen. In der jüngeren Steinzeit ist sie besonders zahlreich; später wird sie durch das Schaf verdrängt. Der germanische Gott Thor, dessen polierter Steinhammer

nach der Beschreibung der nordischen Epen genau den neolithischen Funden entspricht, fährt in einem von Ziegenböcken gezogenen Wagen! Und noch einen anderen interessanten Hinweis gibt uns Thor, als Gott der Bauern. Tatsächlich fallen die Anfänge des Ackerbaus in die jüngere Steinzeit. Man baut vor allem Gerste und Weizen. Wir haben es hier nicht mehr mit einem reinen Jägervolke zu tun, sondern vielmehr mit einem Bauern- und Hirtenvolke. Auch die Viehzucht erreichte in der neolithischen Zeit bereits eine gewisse Höhe.

Einen wesentlichen Aufschwung nehmen in dieser Zeit auch die Wohnstätten des Menschen. Das alte Höhlenleben ist aufgegeben. Der Mensch lernt Hütten bauen; es entstehen die ersten festen Heimstätten, ein „Ob-dach" im eigentlichen Sinne des Wortes. Dabei suchte der Mensch die natürlichen Höhlungen der Felsen und Bäume künstlich nachzuschaffen. So entstanden die ersten Windschirme, Zelte und Reisighütten. In der Form einer einfachen Rundhütte, welche zugleich das Dach bildete, errichtete der Mensch sein erstes „Haus". In der Mitte brannte das Herdfeuer. Wo man Überflutungen des Bodens ausgesetzt war, baute man Pfahlhütten. Man wohnte dann nicht auf dem Boden selbst, sondern auf einer höheren künstlichen Plattform, welche auf Pfählen ruhte. Solche Hütten boten schon im Walde einen vortrefflichen Schutz gegen gefährliche Tiere. Aber man erkannte auch die große Rolle des Wassers im Haus- und Lebenshalte des Menschen sehr wohl. Daher erbaute man die Hütten oft am Rande von Flüssen und Seen. Die jüngere Steinzeit ist die eigentliche Blütezeit solcher Pfahlbauten.

Bald reihte sich hier Hütte an Hütte. Dorfartige Ansiedlungen entstanden. Die Pfahlbauten sind die ältesten Ansiedlungen, in denen der Mensch schon vor wenigstens 7–8000 Jahren gesellig zusammen lebte. Die erste Entdeckung von Resten solcher Bauten machte man im Jahre 1853 bei einem besonders niedrigen Wasserstande des Züricher Sees. Jetzt kennen wir aus der Schweiz allein bereits über 200 Stationen. Sie befinden sich an fast allen Seen und auch an einigen kleineren Torfmooren. Aus Frankreich sind 32 solcher Stationen bekannt geworden, aus Italien 36, aus Deutschland 46 usw. Diese letzteren befinden sich vorzugsweise in Süddeutschland, in Bayern und Württemberg, aber auch im ferneren Ostpreußen wurden Reste neolithischer Pfahlbauten z. B. an den Ufern des Arys-Sees entdeckt. Neben den Pfahlbauten kommen in der jüngeren Steinzeit auch einfache Holzhütten und sogenannte „Wohnmulden“ vor. Tacitus bezeugt noch für die alten Germanen eine doppelte Art der Behausung: lehmverkleidete Hütten und Wohngruben. Der Steinbau beginnt erst in der Metallzeit; höchstens die allerersten Anfänge, z. B. im südlichen Spanien, reichen bis in die neolithische Periode hinab.

Eine weitere, der jüngeren Steinzeit eigentümliche Erscheinung sind die Kjökkenmöddinger oder Küchenabfallshaufen. Sie finden sich vorzugsweise in Skandinavien, an der schwedischen und dänischen Küste. Aber auch sonst, selbst im fernen Japan, sind sie anzutreffen. Diese Kjökkenmöddinger sind Haufen von Knochenresten. Daneben finden sich in ihnen auch Steinwerkzeuge. Die mannigfachen in ihnen eingeschlossenen Nahrungsreste ermöglichen uns aber vor

allem einen Einblick in die Küche der jüngeren Steinzeit. Die Ausdehnung dieser Haufen ist außerordentlich groß. Sie sind 1–3 m hoch, bis 50 m breit und oft bis 300 m lang. In ihnen findet man Knochen vom Mammut, selbst noch vom Höhlenbären; ferner Auerochs, Auerhase und Biber, weiter südlich auch das Rhinozeros; endlich Heringsgräten, Muschelschalen, Asche, Kohlen und Topfscherben. Auch das Alter dieser urzeitlichen Küchenreste ist auf etwa 7–8000 Jahre zu berechnen.

Die Kunst des neolithischen Zeitalters weist zunächst eine hohe Entwicklung der Ornamentik auf, welche mit den Fortschritten in der Kunst der Töpferei Hand in Hand geht. Da finden wir Becher, Krüge, Henkelgefäße, Näpfe, Schalen und Eimer mit reicher Punkt- und Linienornamentik, aber auch schon Schnurverzierung. Als Schmuckmaterial verwendet man in dieser Zeit auch bereits den Bernstein. Auch dieser Schmuck ist mit Sicherheit als jungdiluvial nachgewiesen worden. Stammt doch ein solcher Fund direkt aus einem ostbaltischen Steinzeitgrab. Diese Funde sind entweder sog. Perlen mit zentraler Bohrung, oder Hängestücke mit seitlicher Bohrung, die man herabhängend trug. Auch menschliche Figuren aus Bernstein, die das Gesicht in einem ganz eigentümlich spitzen Winkel darstellen, sind gefunden worden. Auch sie sind zweifellos Schmuckgegenstände. Das Alter dieses Bernsteinschmuckes ist nach Klebs auf ungefähr 3500–4000 Jahre zu berechnen.

Das Zeitalter der Steinzeit wird abgelöst durch die Zeit des Metalls. Jedoch ist auch das Auftreten des Metalls kein plötzliches. Ja, man ist sogar berechtigt,

von einem äußerst starken Konservativismus der Menschheit am Ende der Steinzeit zu sprechen. Nur schwer gewöhnte man sich an das neue Material. Auch haben nicht alle Völkerstämme diese Entwicklung mitgemacht. So standen die Kamtschadalen noch am Anfange des achtzehnten Jahrhunderts in der Steinzeit. So stünden die Südseeinsulaner noch heute in der Steinzeit, wenn ihnen nicht der Verkehr mit anderen Völkern, namentlich den Spaniern, auch das Metall gebracht hätte. Denn ihre Koralleninseln bieten ihnen gar keine Metalle dar. Das Metall einer gewissen Übergangszeit ist das K u p f e r , das aber eine wesentliche Bedeutung für die kulturelle oder technische Entwicklung der Menschheit niemals gewonnen hat. Da bewährte sich das alte Steinmaterial oft besser als dieses neue unlegierte Metall. Das eigentliche Metall, das seinen Siegeszug über die ganze Welt antreten sollte, war die B r o n z e. Sie stammt aus Asien und kam erst durch den Handel zu den europäischen Völkern. Die Hauptfundstätten sind M e s o p o t a m i e n , Ungarn und Skandinavien.

Mit der Bronze setzt die G e s c h i c h t e im engeren Sinne ein. Die Metallwaffe löste neue Kräfte aus: Goldgier, Abenteuerlust, K a m p f ! R e i c h e entstanden. Die Weltkonkurrenz geht in ihren Anfängen bis in diese Zeit zurück. Die Kultur macht Riesenschritte vorwärts. Menschliche Kultur erobert sich von nun an die ganze Erde.

Bezeichnend ist, daß die Bronze zunächst nicht als Waffe oder Werkzeug, sondern nur als Schmuck verwendet wurde. Erst später erkannte man ihren höheren technischen Wert und schmiedete dann Waffen und

Geräte aus Bronze. Charakteristisch für die ältere Waffentechnik der Bronzezeit sind flache, längliche Beile; daneben schmiedete man Dolche mit dreikantiger, später blattförmiger Klinge. Aus diesen Dolchen entwickelte sich eine der wertvollsten Waffen älterer Zeit, das Bronze schwert. Ferner findet man an Bronzewaffen noch Lanzen, die sog. Palstäbe, das heißt in gespaltene Schäfte eingelassene Beile und Kelte. Letztere sind Hohlbeile, welche mit der Öffnung auf knieförmig gebogene Schäfte gesteckt werden.

Auch die Gießkunst macht jetzt große Fortschritte. Der Verkehr nimmt einen gewaltigen Aufschwung. Man lernt Schiffe und Wagen bauen. Das Pferd dient als Zugtier. Die Funde nordischer Luren, Schallhörner, zeigen, daß man auch die Musik pflegte, daß also die Kunst ebenfalls bereits eine gewisse Höhe erreichte. Diese posaunenartigen Blasinstrumente dienten wohl in erster Linie dem Kultus. Sie geben 12 Töne in einem Umfange von $3\frac{1}{2}$ Oktaven. Besucher des Kopenhagener Zoologischen Gartens können sich heute noch davon überzeugen, daß diese Musikinstrumente auch gegenwärtig noch eine starke Wirkung auszuüben imstande sind, da ihnen Wohllaut und Tonfülle in hohem Maße eigen sind. Die Zahl der Funde aus der Bronzezeit ist überaus groß, die Entwicklung erstaunlich reichhaltig. In jener Zeit war zweifellos die Schmiedekunst die Kunst par excellence. Auch sie mußte eine Entwicklung durchmachen und zeichnet sich anfangs durch eine gewisse Wucht der Formen aus, um dann später eine größere Eleganz der Formen anzustreben. Der Schmied lebte in Mythologie und Sage als eine markante Gestalt. So erinnern die griechischen

Hephästossagen und die germanische Wielandsage an die Bedeutung, die der Mensch einst in alten Zeiten dem Schmiede und seiner Kunst beimaß.

Noch ein paar Worte über die Kleidung der Bronzezeit. Die Kleider wurden aus Wollenstoffen verfertigt; man trug Rock, Beinhüllen, Mantel und Mütze, die Frauen Ärmeljacken, lange Röcke, Mäntel und überdies aus Wollfäden hergestellte Haarnetze. Auch hier also nehmen wir einen gewaltigen Fortschritt wahr. Der Mensch der Bronzezeit kleidete sich ganz anders als der notdürftig in durch Spangen zusammengehaltene Felle gehüllte Steinzeitmensch. Man fand diese Kleidung an Leichen, welche in Baumsärgen, d. h. in ausgehöhlten Eichenstämmen, beerdigt worden waren.

Die ganze Metallzeit als solche kann in verschiedene, einander ablösende Perioden gegliedert werden. Für diese Art der Klassifizierung sind wiederum einige wertvolle Funde von besonderer Bedeutung geworden, so vor allem die von Hubert Schmidt im nördlichen Persien gemachten Ausgrabungen von Assarbad. Hier liegen, für den Archäologen deutlich trennbar, drei Schichten übereinander. Am tiefsten gelagert treffen wir auf einige Kulturreste aus der Steinzeit; darüber befindet sich eine zweite Schicht, welche eine reiche Ausbeute an Kupfer- und vor allem an Bronzefunden bot; endlich enthält eine letzte oberste Schicht Eisenfunde in breiter Entfaltung. In der Tat folgt kulturgeschichtlich verhältnismäßig rasch auf die Bronzeperiode die Eisenzeit. Andererseits ist die Herrschaft des Eisens wiederum verhältnismäßig noch recht jungen Datums. Das Eisen stammt aus Mesopotamien, Babylon, wo man es schon etwa 3000 Jahre

vor Christi Geburt verwendete. Erst ungefähr 1000 Jahre aber vor Christo kam es auch nach Europa. Jedenfalls ist das Eisen hier erst etwa 600 Jahre vor dem Auftreten Christi Allgemeingut der Waffen- und Werkzeugtechnik geworden. In die Metallzeit fallen auch die Funde, welche Schliemann durch die Ausgrabungen an der Westküste Kleinasiens bei Hissarlik-Troja in die Hände fielen. Die älteste Schicht enthält auch hier Steinwaffen und Steinwerkzeuge, aber nur wenige. Daneben finden sich einige Kupfersachen. Das Alter der Schicht wurde auf etwa 3000–2500 Jahre vor Christi Geburt berechnet. Die jüngeren und naturgemäß höher liegenden Schichten enthalten vor allem Bronzegegenstände. Diese sog. mykenische Schicht, deren Alter auf ungefähr 2500–1000 Jahre vor Christo zu schätzen ist, enthält noch gar kein Eisen. Erst darüber in einer wiederum jüngeren Schicht, welche bis zur Zeit der Geburt Christi hinaufreicht, wurden auch wertvolle Eisenfunde gemacht.

Wir müssen also in der Metallzeit drei einander ablösende Kulturperioden unterscheiden: die ältere Bronzezeit, welche ungefähr die Zeit von 1500–800 vor Christi Geburt umfaßt; ferner die jüngere Bronze- oder ältere Eisenperiode, in welcher neben der Bronze auch bereits das Eisen vielfach Verwendung findet, welche etwa die Zeit von 800 bis 400 vor Christo umfaßt und nach dem Hauptfundorte Hallstatt in Oberösterreich auch Hallstattperiode genannt wird. Aus den Abbildungen auf Gürtelblechen und Gefäßen wissen wir, daß es damals schon Kulturvölker mit staatlicher, gesellschaftlicher und militärischer Organisation gab. Die Hallstattkultur ist asiatischen

Ursprungs. Das Niveau ist zuerst im allgemeinen etwas gesunken, typenarm: erst später zeigt sich ein neuer Aufschwung. Charakteristisch für diese Zeit ist eine gewisse Vorliebe für äußeren Glanz, andererseits aber auch eine reich entwickelte Industrie. Endlich folgt die Volleisenzeit, nach dem Hauptfundorte La Tène am Neuenburger See in der Schweiz auch La Tène-Periode genannt. Sie dauerte etwa vom Jahre 400 vor Christo bis in das zweite Jahrhundert nach Christi Geburt hinein. La Tène war eine Militärstation der gallischen Helvetier am Neuenburger See. Die Bronze findet nur noch als Schmuckmetall Verwendung. Sonst gibt das Eisen der ganzen Periode ihr charakteristisches Gepräge. Die Volleisenzeit, die La Tène-Kultur, die Kultur der Kelten greift schon weit über die eigentliche Urzeit hinaus und in die historische Gegenwart hinein.

Die Ausbreitung der Eisenkultur — durch Wanderungen, Völkerverschiebungen — haben wir uns so zu denken: Von Hallstatt, der Heimat der Illyrier, aus verbreitete sich die Kultur nach dem Süden von Europa. So kam sie zu den Griechen und Römern, welche damals schon seßhaft waren. Von La Tène aus wiederum verbreitete sich die Eisenkultur nach Norden, ferner nach den Donauländern und der Balkanhalbinsel hin. Das alte urgermanische Langschwert ist eine Volleisenwaffe. Aber auch die gewaltigen Kulturen Griechenlands und Roms sind, um mit Driesmans zu sprechen, „Schöpfungen des Eisens"!

ASTRONOMIE

Die Sonne

Wenn man rundfragen könnte, welches der wichtigste Himmelskörper für uns Menschen ist, so würde unzweifelhaft allenthalben die Antwort erfolgen: die Sonne. Dies ist auch richtig, aber in ungleich höherm Maße, als der bloße Augenschein lehrt. Die augenfällige Wichtigkeit des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme ist von der neuern Wissenschaft noch in weit größerm Umfange nachgewiesen worden, so daß man wohl sagen kann, wir Menschen haben recht eigentlich bis zur Gegenwart kaum gewußt, in wie hohem Grade wir von der Sonne oder richtiger von der Wärme, die sie uns spendet, abhängen. Die hauptsächlichsten Quellen der Kraft oder Energie auf unserer Erde entstammen der Sonne und sind mit deren Wärmestrahlen zu uns gekommen; neben ihnen gibt es nur verhältnismäßig unbedeutende Quellen der Energie für die Erde, nämlich deren Rotation, die innere Bodenwärme und die chemische Verwandtschaft. Die Sonnenwärme ist es, welche die Pflanzen wachsen läßt, und die im Erdboden in den Steinkohlenlagern zur Feuerung für unsere Maschinen und Wohnhäuser aufgespeichert liegt. Das helle Gaslicht wie das strahlende elektrische Licht, verdanken ihre Existenz in letzter Beziehung der Kraft, welche mit den Sonnenstrahlen auf unsere Erde herabkam und hier in Gestalt von chemischer Differenz aufgespeichert liegt.

Die Flutkraft ist eine ungeheuere Quelle von Energie und wird größtenteils durch die Mondanziehung auf die zusammenhängenden Meere unserer Erde hervorgerufen; insofern haben wir also hier eine große Quelle von Energie, die nicht direkt der Sonne entstammt. Anderseits aber ist es freilich Sonnenwärme, welche das Wasser in seiner flüssigen Gestalt erhält, denn ohne die Wärmestrahlung der Sonne gäbe es kein tropfbarflüssiges Wasser, sondern nur festes Eis. Wenn man den ungeheuern Kraftverbrauch auf unserer Erde betrachtet, wenn man erwägt, wieviel Bewegung hier unten stattfindet — und jede Bewegung erfordert Kraft! — Bewegungen von Menschen, Tieren, Maschinen usw., so könnte man glauben, daß die Sonnenstrahlen keine ausreichende Quelle seien, um diesen Kraftverbrauch zu bestreiten. Diese Ansicht ist in der Tat ausgesprochen worden, allein sie ist völlig irrig. Denn der eben erwähnte Verbrauch von mechanischer Energie durch die sämtlichen organischen Wesen und durch unsere Maschinen ist im Vergleiche zu dem gesamten Kraftverbrauche auf der Erde ein so geringer, daß er sogar als völlig verschwindend betrachtet werden kann. Professor Reye hat berechnet, daß der Orkan, welcher vom 5. bis 7. Oktober 1844 in der Nähe der Insel Cuba wütete, allein zur Bewegung der gegen das Zentrum des Sturmwirbels einströmenden Luft, eine Arbeit von 473 Millionen Pferdekräften während dreier Tage aufwendete, eine mechanische Arbeit, die vielleicht größer ist, als alle Windmühlen, Wasserräder, Dampfmaschinen, Menschen- und Tierkräfte der ganzen Erde in der gleichen Zeit leisteten. Die mechanische Kraft in jenem Wirbelsturme entstammte aber lediglich der Sonnenwärme und

bildet nur einen verschwindend geringen Teil derjenigen, welche ununterbrochen erfordert wird, um das Wasser zu verdunsten und in Gestalt von Bächen, Flüssen und Strömen wieder zum Meere gelangen zu lassen, sowie der ungeheuern Mengen von Kraft, welche bei den Bewegungen des Wassers in den Ozeanen verbraucht werden. Durch sorgfältige Messungen mit sehr feinen Apparaten hat man gefunden, daß die Sonne, welche 149.5 Millionen Kilometer von uns entfernt ist, so viel Wärme der Erde zusendet, daß diese bei senkrechtem Auffallen ihrer Strahlen in jeder Minute auf jedem Quadratzentimeter der Erdoberfläche 1 g Wasser um $2\frac{1}{4}$ Grad erwärmen würde. Auf den ersten Blick scheint dieses Wärmequantum nicht groß zu sein, in Wirklichkeit ist es ungeheuer, denn auf das Jahr berechnet, würde diese Wärme ausreichen, um eine die ganze Erdoberfläche bedeckende Eisschicht von 38 m Dicke zu schmelzen. Indessen ist diese gewaltige Energiemenge nur ein verschwindend kleiner Teil der gesamten Wärme, welche die Sonne ununterbrochen in den Weltraum ausstrahlt. Denn wie eine einfache Betrachtung zeigt, muß diese gesamte Wärmestrahlung der Sonne 2200 Millionen mal größer sein als der auf die Erde entfallende Teil. Bestände daher der ganze Sonnenball, dessen Kubikinhalt 1297 mal größer ist als der des Erdballes, völlig aus Steinkohle, so würde deren Verbrennung nur ausreichen, die Wärmestrahlung der Sonne für einen Zeitraum von 21 000 Jahren zu decken. Niemand kann aber bezweifeln, daß die Sonne älter als 21 000 Jahre ist und selbst älter als das Hundertfache und sogar Tausendfache dieses Zeitraumes; auch hat sich, soweit die Menschengeschichte reicht, keine wahrnehmbare Ver-

minderung der Sonnenwärme gezeigt. Wir müssen daraus schließen, daß die Zustände auf der Sonne ganz eigentümliche sind; es muß eine Quelle existieren, die den Wärmeverlust der Sonne, wenigstens soweit menschliche Erfahrung reicht, ausgleicht. Um in der Frage nach dem Anfange und Ende der Sonnentätigkeit etwas klarer zu sehen, ist es von größter Wichtigkeit, zu untersuchen, aus welchen Quellen überhaupt die Sonnenwärme stammt, woher die Energievorräte des gewaltigen Sonnenballes genommen sind? Diese Frage ist außerordentlich schwierig, ja man hat bis zum Auftreten von Robert Mayer nicht einmal daran gedacht, sie allgemein aufzuwerfen. Dieser geniale Mann, dessen Name für immer mit dem Prinzip von der Erhaltung der Kraft verknüpft bleiben wird, und der zuerst mit Nachdruck hervorhob, daß der Strom der Sonnenkraft, welcher sich über die Erde ergießt, die beständig sich spannende Feder ist, die das Getriebe irdischer Tätigkeiten unterhält, dieser scharfe Denker kam zu der Überzeugung, daß der Verlust, welchen die Sonne durch fortwährende Strahlung erleidet, ihr auf irgendeine Weise ersetzt werde. Die Quelle dieses Ersatzes sah er in den unaufhörlich auf die Sonne stürzenden Meteoren. Man muß annehmen, daß die Anzahl der Meteore, der Sternschnuppen und Feuerkugeln, welche um die Sonne zirkulieren oder sich aus allen Richtungen des Weltraumes gegen sie hin bewegen, außerordentlich bedeutend ist und gewiß zahllose Milliarden einzelner Körperchen umfaßt. Auch werden sicherlich unzählige Meteore auf die Sonne herabstürzen, und infolge der ungeheuern Geschwindigkeit, mit welcher sie den Sonnenball treffen, muß eine Glut entstehen, die wenigstens 4000 mal größer ist als

diejenige, welche durch die Verbrennung eines den betreffenden Meteoren an Größe gleichen Quantums der besten Steinkohle entsteht. Es kommt dabei gar nicht in Betracht, ob diese in die Sonne stürzenden Substanzen brennbar sind oder nicht, denn ihre Verbrennung würde die ungeheuere Hitze, welche durch den Zusammenprall erzeugt wird, nicht wesentlich vermehren. Die Hypothese Mayers hat daher sicherlich einige Wahrscheinlichkeit für sich. Unzweifelhaft stürzen zahllose Meteore tagtäglich auf die Sonne, und sie erzeugen beim Zusammenprallen eine gewaltige Wärmemenge, allein es läßt sich beweisen, daß diese nicht ausreicht, den Verlust der Sonnenstrahlung zu decken. Denn wenn dies der Fall wäre, müßten die Meteore nicht minder in der Nähe der Erdbahn so zahlreich vorhanden sein, daß sie, auf die Erde herabstürzend, auch diese merklich erhitzten, wovon doch nicht das geringste nachzuweisen ist. Eine bessere Erklärung gibt dagegen die Helmholtzsche Sonnentheorie im Anschluß an die Hypothese über die Bildung des Sonnensystems, doch ist hiermit auch noch nicht das letzte Wort gesprochen. Die Sonne entstand nach Helmholtz vor Millionen Jahren aus einer Nebelmasse, die auch den Planeten ihr Dasein gab. Der im Mittelpunkte des Planetensystems befindliche Rest ballte sich dort zu einer Kugel, deren Materie durch den Ballungsakt selbst in einen Zustand überaus hoher Glut geriet. Diese Glut strahlte ununterbrochen in den Weltraum aus, aber gleichzeitig verdichtete sich damit der zentrale Nebelkern, bis er schließlich das Aussehen unserer Sonne annahm. Der Vorgang der Wärmeausstrahlung und der Zusammenziehung aber dauert auch jetzt noch fort, und die Zusammenziehung oder Ver-

dichtung der Sonnenmaterie ist es, welche neue Wärme erzeugt und den Verlust durch Ausstrahlung deckt. Helmholtz hat durch Rechnung gezeigt, daß eine Zusammenziehung der Sonne um 0.0001 ihres Durchmessers den Wärmeverlust für 6000 Jahre decken würde. Eine solche Verminderung des Sonnendurchmessers ist aber so gering, daß sie selbst nach Jahrtausenden durch die schärfsten heute möglichen Messungen von der Erde aus nicht wahrgenommen werden könnte. Dieser Wärmeausgleich gilt indessen für das Stadium, in welchem sich die Sonne gegenwärtig befindet, nicht aber für ihre früheste Zeit und ebensowenig für eine sehr ferne Zukunft. Bei einem im indifferenten (natürlichen) Gleichgewichtszustande befindlichen und durch Strahlung sich zusammenziehenden Gasballe, wie solchen die Sonne bildet, muß zunächst eine Temperaturerhöhung stattfinden, welche die Erkaltung durch Wärmeausstrahlung überwiegt. Erst von einem gewissen Zeitpunkt ab überwiegt die Ausstrahlung, und die Temperatur des Gasballes sinkt dann dauernd. Diesen Zeitpunkt hat die Sonne offenbar bereits hinter sich, sie hat den Höhepunkt ihrer Temperatur schon überschritten, aber noch nicht in dem Maße, daß die durch Kontraktion erzeugte Wärmesteigerung nicht noch näherungsweise die durch Ausstrahlung bedingte Abnahme zu ersetzen imstande wäre.

Die Sonne ist kein Reich des Friedens, sondern ein unermeßliches Gebiet des furchtbarsten Kampfes feuriger Gewalten, ein grauenhafter Glutball, der durch den Weltraum dahinstürmt, und der belebend für unsere Erde wirkt, weil eine Entfernung von 20 Millionen Meilen uns von ihm trennt. Trotz dieses ungeheuern

Abstandes ist die Wärmestrahlung der Sonne doch noch so beträchtlich, daß in äquatorialen Gegenden unserer Erde örtlich die direkte Bestrahlung für den Menschen fast tödlich wird. Welche ungeheuere Glut muß daher die Sonne bei größerer Annäherung ausstrahlen, welche Temperaturen müssen endlich auf ihrer Oberfläche selbst herrschen!

Prof. Ceraski hat einige Versuche angestellt, die geeignet sind, eine Vorstellung von der ungeheuern auf der Sonne vorhandenen Glut zu geben. Er bediente sich hierzu eines mächtigen Brennspiegels von einem Meter Durchmesser und einem Meter Brennweite. Mittels desselben wurde die Sonnenstrahlung in einem kleinen Brennraume konzentriert und hier eine ungeheuere Hitze erzeugt. Von allen im mineralogischen Kabinett der Moskauer Universität vorhandenen Metallen und Mineralien wurden kleine Probestückchen in diesen Brennpunkt gebracht, und alle ohne Ausnahme schmolzen fast im Augenblicke. Professor Ceraski berechnet, daß die Hitze daselbst mindestens 3500° betragen mußte. Daraus folgt, daß die Temperatur an der Sonnenoberfläche selbst erheblich höher sein muß, weil es sonst unmöglich wäre, diese Temperatur im Brennpunkte eines Spiegels zu erzeugen. Die Strahlen eines elektrischen Lichtbogens, dessen Temperatur nahezu 3500° beträgt, wurden ebenfalls in dem Brennpunkte des Spiegels vereinigt unter Verhältnissen, welche eine Vergleichung mit dem frühern Versuche mittels Sonnenstrahlen gestatteten. Zu seinem größten Erstaunen fand nun Professor Ceraski, daß die Temperatur im Brennpunkte des Spiegels jetzt nicht einmal so hoch war, um Schwefel vollständig zu schmelzen,

oder, mit andern Worten, daß sie kaum über 100° stieg. Sie blieb also unvergleichlich niedriger als die Temperatur des elektrischen Lichtbogens, und man muß hieraus schließen, daß auch bei dem Versuche mit den Sonnenstrahlen die Temperatur im Brennpunkte des Spiegels außerordentlich viel niedriger war als die Temperatur der Sonne selbst.

Dies wird auch durch die Spektralanalyse bestätigt, die zeigt, daß sogar in der kühlsten Region des Sonnenballes, nämlich in der glühenden Sonnenatmosphäre, die Hitze so groß ist, daß Eisen, Natrium, Magnesium und zahlreiche andere irdische Stoffe sich dort im Zustande glühenden Dampfes befinden.

Wir können auf die Temperatur der Sonne nur aus der Größe ihrer Wärmestrahlung an der Erdoberfläche schließen. Zu diesem Zweck muß aber nicht nur das Strahlungsgesetz, das die Beziehung dieser Wärmestrahlung zu der Temperatur der Sonne ausdrückt, bekannt sein, sondern wir müßten außerdem das Wärmeausstrahlungsvermögen der Sonnenmaterie kennen. Denn das Vermögen der Körper, Wärme auszustrahlen, hängt von ihrer Beschaffenheit und dem Zustande ihrer Oberfläche ab, so daß zwei Körper von gleicher Temperatur sehr ungleiche Wärmemengen aussenden können. Nun kennen wir tatsächlich den Zustand der Sonnenphotosphäre, welche die Wärme ausstrahlt, nicht genau. Diese Strahlung kann von festen oder flüssigen, sie kann aber auch von gasförmigen, unter starkem Drucke stehenden Teilchen ausgehen; auch wissen wir nicht, wie sich das Vermögen der Wärmeausstrahlung der Körper bei sehr hohen Temperaturen, die wir künstlich nicht darstellen können, etwa ändert. Unter diesen

Umständen können wir bestenfalls nur die Temperatur ermitteln, die ein absolut schwarzer Körper haben würde, der den gleichen scheinbaren Durchmesser wie die Sonne und die gleiche Wärmestrahlung, wie diese, besitzt. Man bezeichnet diese als die effektive Sonnentemperatur. Die Berechnung auf Grund des früher angegebenen Betrages für die Wärmestrahlung der Sonne auf den Quadratzentimeter der Erdoberfläche ergibt den Wert von ungefähr 6200° als effektive Sonnentemperatur. Nun ruht über der Photosphäre der Sonne noch eine mächtige, aber minder heiße Atmosphäre. Die Wärmestrahlen, die aus jener kommen, werden in dieser zum Teil zurückbehalten, so daß also weniger Wärme in den Raum hinausstrahlt als der Temperatur der Photosphäre entspricht. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes findet Prof. Scheiner als effektive Sonnentemperatur 7060°. Dieser Wert ist als ein verhältnismäßig sehr genauer zu betrachten, wenigstens hält Scheiner für ausgeschlossen, daß er um 1000° höher oder niedriger sein könne.

Die leuchtende Oberfläche der Sonne wird Photosphäre genannt. Sie zeigt sich bei Betrachtung durch ein gutes Fernrohr und ebenso auf den photographischen Bildern der Sonne keineswegs von gleichförmiger Helligkeit, sondern mit unzähligen hellen Punkten oder Körnern besät, welche die eigentlichen Lichtstrahler sind, und zwischen denen sich dunklere Stellen befinden. Diese Granulation der Sonnenoberfläche tritt um so deutlicher hervor, je günstiger die Verhältnisse sind, unter denen man die Sonne beobachtet oder photographiert. Man kann die Photosphäre als eine glühende Wolkenschicht ansehen, die in dem gasförmigen Sonnen-

ball schwimmt und für unser Auge die Begrenzung des Sonnenballes darstellt. Anderseits hat Prof. Schmidt in Stuttgart die Hypothese aufgestellt und wahrscheinlich gemacht, daß die scharfe, kreisförmige Begrenzung der Sonnenscheibe nur scheinbar ist, und durch die Strahlenbrechung in dem nach dem Innern der Sonne zunehmend dichter werdenden Gase entsteht.

Außer der Granulation und weit augenfälliger als diese zeigen sich auf der Sonne auch größere dunkle Flecken von sehr wechselvoller Ausdehnung und Dauer. Bei den größern Sonnenflecken erkennt man eine dunkle Hauptmasse, den Kern, und um diesen eine weniger dunkle Umrandung, den Halbschatten oder die Penumbra. Manche derselben übertreffen an Größe unsere ganze Erdoberfläche, und diese gewaltigen Massen befinden sich in steter Umwandlung, die man am Fernrohre mit den Augen verfolgen kann. Dunkle Massen von der Größe unserer Erdteile Amerika oder Asien erscheinen als kleine Filamente oder Anhängsel an den Rändern der großen Sonnenflecke, und sie verschwinden und bilden sich wieder im Verlaufe von oftmals weniger als einer Stunde. Die menschliche Fassungskraft erlahmt, wenn sie sich Vorgänge von solcher Ungeheuerlichkeit vorstellen soll. Secchi hat manche solche Flecken gezeichnet und ihre Veränderungen und Umwälzungen genau beschrieben. So beobachtete er am 29. Juli 1865 an einer Stelle der Sonnenscheibe drei kleine schwarze Punkte, am folgenden Tage aber hatten sich dieselben zu einem gewaltigen Flecke entwickelt, dessen Durchmesser vier und einhalb mal den Erddurchmesser übertraf. In der Mitte dieses Fleckes sah Secchi eine Anhäufung von leuchtender Materie, die sich

in wirbelnder Bewegung zu befinden schien und von zahlreichen Rissen umgeben war. Inmitten dieses Chaos ließen sich vier Hauptzentren der Bewegung unterscheiden, darunter eine klaffende Öffnung, um welche feurige Zungen in verschiedenen Richtungen herumwirbelten. Eine andere benachbarte Spalte bot dem Auge ein Chaos, das jeder Beschreibung spottete. Zwischen diesen Höhlen zeigten sich Anhäufungen leuchtender Materie (sogenannte Sonnenfackeln), die den Anblick einer im Kochen befindlichen Masse darboten. Alles in diesem Flecke erschien in äußerst stürmischer, schneller Bewegung. Schon am Abende hatte der Fleck nur noch in seinen Hauptzügen das frühere Aussehen; die vier Hauptzentren waren vorhanden, aber jetzt umstellt von einem Kranze weit geöffneter Schlünde. Am nächsten Tage war der ganze Fleck in zwei längliche Flecke zerrissen. Unser ganzer Erdball mit allen seinen Ozeanen und Festländern würde bequem in einem dieser Schlünde Platz gefunden haben!

Auf der beigegebenen Tafel erkennt man nicht nur die dunklen Zentralteile und die Penumbra eines großen Fleckes, sondern auch die Granulationen der Photosphäre.

Unmittelbar über der Photosphäre befindet sich eine vorzugsweise aus glühendem Wasserstoff bestehende Schicht von etwa 1000 m Höhe, die Chromosphäre, in der ununterbrochen die großartigsten Umwälzungen vor sich gehen.

Die Chromosphäre zeigt im Spektroskop, daß sie vorzugsweise aus glühendem Wasserstoff besteht, aber von Zeit zu Zeit werden von der Sonnenoberfläche her, offenbar mit ungeheuerer Gewalt, Eisen-, Magnesium-

Fig. 7. Sonnenfleckgruppe. Photographiert am Sonnenobservatorium Mount Wilson in Californien am 17. Juni 1907.

und Natriumdämpfe in die Chromosphäre hinaufgetrieben, und wenn solche Ausbrüche aus dem Innern der Sonne stattfinden, erscheint das Spektrum der Chromosphäre äußerst kompliziert. Die obere Begrenzung der letztern zeigt sich bisweilen als ein nebliges, wogendes Meer, meist aber mit kleinen Flammen besetzt, die unregelmäßig gestaltet und nicht selten mit ihren Spitzen gegeneinander geneigt sind, ein Beweis, daß äußerst stürmische Vorgänge dort statthaben. Die kleinsten dieser Flammen haben noch immer eine Höhe von 50 Meilen und an der Grundfläche eine Breite, welche ungefähr derjenigen von Deutschland zwischen der Ostsee und dem Alpengebiete gleichkommt. Und doch handelt es sich hier nur um die gewöhnlichsten, ziemlich ruhig verlaufenden Erscheinungen. Wenn das Sonneninnere erregt ist, wenn Ausbrüche stattfinden, dann wogt die Chromosphäre in weiter Ausdehnung oder wird zerrissen, und mit rasender Schnelligkeit steigen ungeheuere Garben glühender Materie bis zu 20 000 Meilen ja bis zu 50 000 Meilen aus der Sonne empor. Diese Garben sind die Protuberanzen, die man mittels des Spektroskops jederzeit beobachten kann, wenn die Sonne scheint. Lockyer sah am 14. März 1869 solche Protuberanzen in wirbelnder Bewegung als völligen Wirbelsturm auf der Sonne, und zwar betrug die Geschwindigkeit der wirbelnden Glutmasse 32 Meilen in der Sekunde! Am 21. April sah er eine Protuberanz in voller Tätigkeit, einem benachbarten Sonnenflecke voraufeilend. Eine überaus heftige Eruption aus dem Innern der Sonne hatte Metalldämpfe in so großer Menge mit emporgerissen, wie der Beobachter bis dahin noch niemals gesehen hatte. Über dieser ungeheuern

Wasserstoffflamme schwebte eine Wolke von glühendem Magnesiumdampfe. Nach einer Stunde war der Ausbruch vorüber, aber eine Stunde später begann eine neue Eruption, und abermals stieg eine ungeheuere Protuberanz mit furchtbarster Geschwindigkeit einige tausend Meilen hoch empor, und es entstand ein großartiger Wirbel der glühenden Gasmassen. Seitdem hat man ähnliche Sonnenausbrüche noch häufig beobachtet, und wer ein mit Spektroskop versehenes Fernrohr von $3\frac{1}{2}$ oder 4 Zoll Öffnung besitzt, kann gelegentlich Augenzeuge solcher Vorgänge sein. Es möge daher nur noch einer einzigen Erscheinung dieser Art gedacht werden, weil sie eine der großartigsten ist, die sich bis heute gezeigt haben. Sie wurde von Professor Young am 7. September 1871 beobachtet. „Gerade um Mittag," sagt er, „hatte ich eine ungeheuere Protuberanz am westlichen Sonnenrande untersucht, die eine mäßig hohe, ruhig aussehende Wolke bildete, keinen besondern Glanz zeigte und nur durch ihre große Ausdehnung bemerkenswert war. Ihrer Hauptmasse nach bestand sie aus horizontalen Streifen, deren unterster etwa 3200 Meilen hoch über der Chromosphäre schwebte, aber durch drei oder vier lebhaft glänzende, senkrechte Säulen mit dieser in Verbindung stand. Die Wolken hatten eine Längenausdehnung von 22 000 Meilen, und ihre höchste Höhe über der Sonnenoberfläche betrug 12 000 geographische Meilen. Um $12\frac{1}{2}$ Uhr wurde ich für einige Minuten abgerufen, und es war damals durchaus nichts zu sehen, was auf eine bevorstehende Eruption gedeutet hätte, nur der auf der südlichen Seite der Wolke befindliche Verbindungsstamm war glänzender geworden und hatte sich etwas seitwärts gekrümmt, auch hatte sich nahe an

der Basis des nördlichen Stammes eine kleine, leuchtende Masse gebildet. Wie groß war nun mein Erstaunen, als ich um 12 Uhr 55 Minuten zurückkehrte und sah, daß mittlerweile die ganze Protuberanz durch eine Explosion buchstäblich in Fetzen gerissen war. An Stelle der ruhigen Wolke war nunmehr die Sonnenatmosphäre mit herumfliegenden Trümmern, mit einer Menge von einzelnen vertikalen, anscheinend flüssigen Fäden oder Zungen gefüllt, deren jede 1000 bis 3000 Meilen lang und etwa 200 bis 300 Meilen breit war. Sie waren am glänzendsten und standen am dichtesten beieinander da, wo vorher die Stämme sich befanden. Alle stiegen rasch in die Höhe. Als ich die Erscheinung zuerst erblickte, hatten mehrere dieser Fäden eine Höhe von fast 22 000 geographischen Meilen erreicht, und vor meinen Augen stiegen sie noch immer höher, bis sie endlich nahezu 43 000 Meilen von der Oberfläche der Sonne entfernt waren. Die Schnelligkeit, mit welcher die Protuberanzenmaterie in die Höhe getrieben wurde, betrug 36 geographische Meilen in der Sekunde. In dem Maße, wie diese feurigen Zungen höher und höher stiegen, nahm ihr Glanz ab, und sie verschwanden allmählich wie eine sich auflösende Wolke. Um 1 Uhr 15 Minuten waren von der gewaltigen Protuberanz nur noch einige leuchtende Bündel übrig, sowie einige helle Streifen nahe der Chromosphäre, welche die Stelle erkennen ließen, wo die großartige Erscheinung stattgefunden hatte.“ Man mag nach dieser Schilderung ermessen, welche Gewalten auf der Sonne ihr Wesen treiben. Was wollen daneben unsere heftigsten Stürme, was wollen Erdbeben und Vulkanausbrüche neben solchen Eruptionen, in welchen glühende Massen, unserm ganzen Erdballe an

Größe gleich, bis fast zur Entfernung des Mondes von der Erde emporgeschleudert werden!

Die Beobachtung der Sonnenoberfläche ist durch einen von Prof. Hale konstruierten Apparat noch wesentlich erweitert worden. Dieser mit zwei beweglichen Spalten versehene Spektroheliograph, ermöglicht es, mit dem Lichte der im Sonnenspektrum vorhandenen Linien *H* und *K* des Kalziums, die Sonne zu photographieren. Diese Linien erscheinen als dunkle Bänder, dennoch sind sie hell genug, um lediglich mit dem von ihnen ausgestrahlten Lichte, die photographischen Aufnahmen zu machen. Diese letztern zeigen die Verteilung der glühenden Dämpfe des Kalziums über der ganzen Sonnenscheibe. Diese Erscheinungen sind auf keine andere Weise, weder mit bloßem Auge, noch mittels der gewöhnlichen photographischen Methoden, auf der Sonnenscheibe wahrzunehmen. Anfangs schien es, als wenn diese Regionen glühenden Kalziumdampfes mit denjenigen der bekannten hellen Sonnenfackeln übereinstimmten; dies ist in der Tat annähernd der Fall, aber sie sind nicht damit identisch. Prof. Hale, der die Untersuchung dieser Erscheinungen auf der Yerkessternwarte ausgeführt hat, gab ihnen den Namen Flocculi, und sie sehen auf den Photographien tatsächlich Wollflöckchen ähnlich. Ihre wirklichen Durchmesser betragen gemäß den Messungen auf den besten Platten hundert bis mehrere hundert deutsche Meilen, und man kann sie betrachten als Säulen glühenden Kalziumdampfes, die über die Schicht der glühenden Dämpfe der Sonnenphotosphäre emporragen. Es ist sogar möglich geworden, mit dem Spektroheliographen die Ausbreitung der Flocculi in verschiedener Höhe über der Sonnen-

oberfläche zu studieren, wobei sich fand, daß sie in den höhern Schichten größere Flächen bedecken als in den tiefern. Der große Sonnenfleck vom 9. Oktober 1903 zeigt in der photographischen Aufnahme den dichten Kalziumdampf in den untersten Schichten, gerade über der Sonnenphotosphäre. Derselbe bedeckt hier nur sehr wenig die dunkle Umrandung des Fleckes (die sogenannte Penumbra); in einer zweiten Aufnahme, die eine Minute später stattfand und sich auf ein höheres Niveau bezieht, sind die Kalziumdämpfe schon beträchtlich ausgedehnter, und in einem noch höhern Niveau erscheint die Penumbra fast völlig von den Kalziumdämpfen überdeckt. Was die Schnelligkeit der aufsteigenden Bewegung dieser Dämpfe betrifft, so ergab sie sich zu etwa 1 km in der Sekunde. Auch ähnliche Bildungen (Flocculi) des glühenden Wasserstoffes konnten mit dem Spektroheliographen nachgewiesen werden, und zwar erschienen dieselben im allgemeinen dunkel, bisweilen aber auch in sehr erregten Regionen der Sonnenoberfläche, gewöhnlich in der Nähe von Flecken hell.

In den letzten Jahren hat Prof. Hale auch die Linie *Hα* des Wasserstoffes im Sonnenspektrum benutzt, um mittels des Spektroheliographen Sonnenphotographien herzustellen. Die auf diese Weise erhaltenen Bilder zeigen dieselben Flocculi weit zahlreicher, als man nach den frühern Aufnahmen erwarten konnte, und schließlich fand sich, daß die Sonnenflecke von Wirbelstürmen umgeben werden, welche in höhern Regionen der Sonnenatmosphäre auftreten. Augenscheinlich wurde, daß die Sonnenflecke Anziehungsmittelpunkte bilden, gegen welche die glühenden Wasserstoffmassen der Sonnenatmosphäre hingezogen werden. Man erkennt deutlich

das Vorhandensein von ungeheuern Wirbeln oder Zyklonen. Auf einer dieser Photographien zeigt sich eine äußerst große Fläche, auf der südlichen Hemisphäre der Sonne vom Äquator bis zu etwa 35° südlicher Breite, von solchen Zyklonen erfüllt, und im Zentrum dieser Region, zum Teile mit Wolken hellern Wasserstoffes bedeckt, eine kleine Gruppe gewöhnlicher Sonnenflecke. Photographische Aufnahmen zu andern Zeiten zeigten das Vorhandensein eines großen Wirbels, und die genaue Untersuchung von Einzelheiten der Bilder ergab, daß in diesem Wirbel eine Drehung von Nord durch Ost gegen Süd und West stattfand, d. h. eine solche, welche die Meteorologen bezüglich der Erdatmosphäre als Drehung gegen die Bewegungsrichtung des Uhrzeigers, d. h. als zyklonale Drehung bezeichnen. Solche findet in unserer Atmosphäre statt, wenn an einer Stelle der Oberfläche lebhaftes Aufsteigen feuchtwarmer Luft vor sich geht, und die Luft unten von allen Seiten zuströmt, um den freiwerdenden Raum auszufüllen. Dann tritt infolge der Erdumdrehung auf der nördlichen Erdhälfte Ablenkung dieser zuströmenden Luftmassen nach rechts ein um den Mittelpunkt des Wirbels und auf der südlichen nach links. Überträgt man diese Anschauung auf die Sonne, so kann man annehmen, daß auch dort die Wirbel um Zentra mit mächtigen emporsteigenden Bewegungen der glühenden Atmosphäre stattfinden, und da diese Zentra mehr oder weniger mit Sonnenflecken zusammenfallen, wird man schließen können, daß die Flecke Regionen der Sonnenoberfläche bezeichnen, über denen mächtige aufströmende Gasströme herrschen.

Die moderne Theorie der Elektrizität führt alle Erscheinungen der Elektrizität und des Magnetismus auf

die Existenz elektrischer Atome, der sogenannten „Elektronen", zurück. Nach ihr erzeugen Elektronen, die sich wirbelförmig mit gewaltiger Geschwindigkeit bewegen, in der Längsachse des Wirbels magnetische Kraftlinien, d. h. ein solcher Elektronenwirbel verhält sich wie ein Magnet. Ferner machen neuere Untersuchungen wahrscheinlich, daß in glühenden Gasen solche freie Elektronen vorhanden sind. Wenn dem so ist, schloß Prof. Hale, müssen die Sonnenflecken sich verhalten wie ungeheuere Magnete, und dann muß das Licht, welches sie ausstrahlen, den sogenannten „Zeemaneffekt" zeigen. Prof. Zeeman hat nämlich einige Jahre früher gefunden, daß das Spektrum, welches von einer leuchtenden Flamme zwischen den Polen eines Magnets ausgestrahlt wird, merkwürdige Verschiedenheiten gegen den gewöhnlichen Zustand (ohne magnetische Beeinflussung) aufweist. Die Spektrallinien, in welche das Licht durch ein Prisma zerlegt wird, werden nämlich durch den Magnet gespalten, und die Komponenten, in welche jede Linie zerlegt ist, zeigen merkwürdige, leicht festzustellende Eigenschaften. Dies ist der Zeemaneffekt, den auch das Licht der Sonnenflecken zeigen muß, wenn die Sonnenflecken sich wirklich zugleich wie gewaltige Magnete verhalten. In der Tat hat Prof. Hale diesen Effekt an photographischen Aufnahmen des Spektrums der Flecken feststellen können. Prof. Zeeman forderte ihn nun weiter auf, die Flecken nicht nur dann zu beobachten, wenn sie sich in der Mitte der Sonnenscheibe befinden, sondern auch, wenn sie am Rande gesehen werden. In ersterm Falle blickt man in der Richtung der Längsachse des Wirbels, in letzterm Falle senkrecht zu dieser Achse, und dann müssen wiederum

die Spektrallinien charakteristische Verschiedenheiten ihrer Spaltung in beiden Fällen aufweisen. Ferner muß der Effekt verschieden sein, je nachdem der Winkel in der Richtung der Bewegung des Zeigers der Uhr oder entgegengesetzt rotiert. Diese Erscheinungen sind nun auch von Prof. Hale wahrgenommen worden, und damit ist unwiderleglich bewiesen, daß die Sonnenflecken sich in der Tat wie riesige Magnete verhalten. Dieser Triumph wissenschaftlicher Theorie wird wichtige weitere Folgen haben. Denn nunmehr sind die Theorien, welche die magnetischen und klimatischen Störungen auf unserer Erde in Beziehung zu den Sonnenflecken bringen, auf eine feste Basis gestellt.

Zu den großartigsten und besonders in frühern Zeiten Furcht erweckenden Naturvorgängen zählen die Sonnenfinsternisse, vor allem die totalen, jene auf den Zeitraum weniger Minuten beschränkten Erscheinungen, bei welchen die Sonne durch die nachtschwarze Mondscheibe für unsern Anblick verdeckt wird. Wie aneinander gekettet hängt dann das Doppelgestirn am Himmel, und während der kurzen Zeit der Totalität erscheinen Himmel und Erdoberfläche in ungewohnter, magischer Beleuchtung. Diese wird verursacht hauptsächlich durch den hellen Strahlenkranz — die Korona —, welcher alsdann um die schwarze Mondscheibe sichtbar wird und mit dem Aufleuchten der ersten Sonnenstrahlen wieder verschwindet. Schon Plutarch erwähnt diesen Strahlenkranz, und er wird bei jeder totalen Sonnenfinsternis sichtbar, aber bis zur heutigen Stunde hat sich kein Mittel gefunden, die Korona auch zu andern Zeiten für das menschliche Auge wahrnehmbar zu machen. Zur Beobachtung derselben

sind daher nur die ebenso seltenen als kurzen Momente, welche totale Sonnenfinsternisse darbieten, geeignet, und dies ist ein Hauptgrund, weshalb bis heute über das Wesen der Korona noch großes Dunkel herrscht, obgleich man kaum fehlgehen wird, wenn man in ihr, wie schon Kepler vermutete, die äußersten Teile der leuchtenden Sonnenatmosphäre erblickt. Die Spektralanalyse hat im Lichte der Korona eine grüne Linie nachgewiesen, die im Spektrum keines bekannten irdischen Körpers gefunden wird, also einem uns ganz unbekannten Stoffe angehört. Derselbe hat den Namen Koronium erhalten, und er findet sich in der Korona noch bis zu Höhen von 90 000 Meilen über der Sonnenoberfläche. Außer dieser sind noch andere helle Linien in der Korona spektroskopisch nachgewiesen worden, woraus folgt, daß diese selbstleuchtend ist, d. h. aus glühender, höchst fein verteilter Materie besteht. Es scheint, daß die Gestalt der Korona im Laufe eines Zeitraumes von elf Jahren periodische Veränderungen erleidet, doch sind darüber die Akten noch nicht geschlossen. Die photographischen Aufnahmen haben endlich in der Korona merkwürdige Streifen gezeigt, die lebhaft an Kometenschweife erinnern, ja während der totalen Sonnenfinsternis vom 21. Dezember 1889 bildete sich auf der photographischen Platte, welche Prof. Schaeberle zu Mina Bronces in Chile exponierte, ein nebliger Fleck über dem Sonnenrande, $\frac{5}{6}$ des Durchmessers der Sonne von dieser entfernt. Es war wahrscheinlich ein Komet, möglicherweise auch Koronasubstanz, die in den Weltenraum geschleudert wurde.

Die Sonnenflecke, die im einzelnen sehr unregelmäßig auftreten und nach kurzem Bestehen wieder verschwin-

den, so daß man aus ihrer Bewegung über die Sonnenscheibe nur näherungsweise die Rotation der Sonne auf etwa 25½ Tage bestimmen konnte, treten zu gewissen Zeiten sehr zahlreich, in andern Jahren dagegen nur sehr spärlich auf. Ihre Häufigkeit zeigt also eine gewisse Periode, und durch die Untersuchungen von Wolf in Zürich ist festgestellt worden, daß diese Periode einen Zeitraum von 11⅑ Jahren umfaßt. So war die Fleckenzahl und auch die Größe der einzelnen Sonnenflecke in den Jahren 1866 und 1867 außerordentlich gering, ja Anfang 1867 erschien die Sonne an vielen Tagen völlig fleckenfrei, im Jahre 1870 dagegen traten sehr zahlreiche Flecke auf, und viele davon waren von bedeutender Größe, besonders einige Gruppen konnten schon mit bloßem Auge gesehen werden, wenn man dasselbe durch ein dunkles Glas schützte. Im Jahre 1876 und ebenso 1878 war dagegen der Fleckenstand der Sonne wieder sehr gering und blieb so, bis er 1882, 1894 und 1906 abermals seinen Höhestand erreichte. Wenn die Sonnenflecke zahlreicher auftreten findet gleichzeitig eine lebhaftere Entwicklung von Protuberanzen statt, und zwar auf allen Punkten der Sonnenoberfläche, so daß die gesamte Sonnentätigkeit in solchen Jahren eine überaus rege ist. Wenn dagegen die Flecke selten sind, so erscheinen auch die Protuberanzen nur klein, und sie sind dann hauptsächlich auf die äquatorialen Gegenden der Sonne beschränkt, so daß diese Jahre als Zeiten relativer Ruhe auf der Sonne betrachtet werden können.

Es ist naheliegend, anzunehmen, daß so gewaltige Unterschiede in der Sonnentätigkeit einen gewissen Einfluß auf die Planeten, also auch auf die Erde, ausüben werden. Man darf daher schließen, daß die periodische

Veränderung der Fleckenhäufigkeit sich auf der Erde in einem ähnlichen periodischen Schwanken gewisser irdischer Erscheinungen abspiegeln wird. Allein welches sind diese Erscheinungen? Darüber kann offenbar nur die Beobachtung entscheiden. In erster Linie hat man dabei an meteorologische Verhältnisse zu denken. Der größte Teil der Erdoberfläche ist aber vom Meere bedeckt, auf dessen Oberfläche also keine ununterbrochenen Beobachtungen, wie sie hier erforderlich sind, angestellt werden können; aber auch das feste Land ermangelt noch größtenteils der meteorologischen Observatorien. Nur in Europa und Nordamerika, dann auch in einem Teile von Ostindien, finden sich ausreichend meteorologische Stationen, aber selbst hier verfügt man nur vereinzelt über genügend lange Jahresreihen von Beobachtungen. Unter solchen Umständen kann man dann nur hoffen, einen Einfluß der elfjährigen Fleckenperiode auf unsere Witterungsverhältnisse wahrzunehmen, wenn dieser Einfluß überhaupt ziemlich deutlich ausgeprägt ist. Neuere Untersuchungen haben wirklich ergeben, daß die Temperaturverhältnisse der Erdoberfläche eine geringe Schwankung zeigen, die mit der Häufigkeit der Sonnenflecke in Beziehung zu stehen scheint. In den tropischen Gegenden ist die Temperatur etwa $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Jahre vor der geringsten Fleckenmenge am höchsten, während außerhalb der Wendekreise der Zeitunterschied beider Erscheinungen größer wird, und die Regelmäßigkeit und Größe der Wärmeschwankung gegen die Pole hin abnimmt.

Auch bezüglich der Häufigkeit tropischer Stürme scheint sich mehr und mehr herauszustellen, daß dieselbe am bedeutendsten in den Jahren mit vielen Sonnen-

flecken, am seltensten um die Zeit der Sonnenfleckenminima ist. Sehr deutlich zeigt sich ein paralleler Gang in der Häufigkeit der Cirruswolken und der Sonnenflecke. Unter Cirrus versteht man jene feinen, überaus hochschwebenden Wolkengebilde, die aus gefrorenem Wasserdunste bestehen und bald wie ein Schleier den Himmel überdecken, bald ihm ein Aussehen verleihen, als sei er gleichsam mit Besen gekehrt, bisweilen auch haben sie das Aussehen von Ästen oder Zweigen. Diese Wolken treten, wie ich vor Jahren nachgewiesen habe, am zahlreichsten auf in den Jahren mit vielen Sonnenflecken, am seltensten dagegen dann, wenn die Sonnentätigkeit nachläßt. Anderseits sind die Cirren bekannte Vorboten von unruhigem, trübem und zu Regen neigendem Wetter. Wenn nach einer Periode schöner Witterung das Barometer zu fallen beginnt, und Cirruswolken den Himmel überziehen, so kann man im westlichen Mitteleuropa mit großer Sicherheit darauf rechnen, daß ein Sturmfeld vom Atlantischen Ozeane her sich unsern Gegenden nähert. Da nun die Häufigkeit der Cirruswolken einen ähnlichen Gang zeigt wie die Häufigkeit der Sonnenflecke, so kann man schon hieraus schließen, daß durchschnittlich in den Jahren mit zahlreichen Sonnenflecken auch die Sturmfelder und Depressionen, welche über unsere Gegenden hinwegziehen, zahlreicher sind als zu den Zeiten, wo wenige Sonnenflecken vorhanden sind. Von den Nordlichtern ist es sicher, daß sie in ihrer Häufigkeit einen den Sonnenflecken parallelen Gang haben, und Prof. Bredichin hat mehrere Fälle konstatiert, in welchen außergewöhnlich heftigen Eruptionen auf der Sonne ein lebhaftes Nordlicht auf der Erde folgte. Daß die Sonne eine magnetische Fern-

wirkung auf die Erde ausübt, ist jetzt durch Versuche direkt erwiesen worden. So erkennen wir also, daß geheimnisvolle Bande unsere Erde mit der Sonne verknüpfen, und daß die grauenvoll großartigen Vorgänge auf dem glühenden Tagesgestirne sich in zahlreichen Erscheinungen und Naturvorgängen unserer irdischen Heimat abprägen.

Wann wird die Zeit eintreten, in welcher die Sonne ihre letzten Licht- und Wärmestrahlen aussendet? Die Vorausbestimmung dieser Zeit liegt bis heute außerhalb aller menschlichen Berechnung; nur so viel ahnen wir, daß es jedenfalls noch ungeheuere Zeiträume sind, für welche die Sonne Wärme und Licht besitzt. Das Menschengeschlecht ist daher guten Mutes und läßt die einstige Abnahme der Sonnenwärme außer allem Betracht. Aber vom wissenschaftlichen Standpunkte ist die Frage nach dem Alter der Sonne und der noch möglichen Dauer ihrer Wärmestrahlung so wichtig als naheliegend. Nach beiden Richtungen hin sind natürlich allerdings nur Schätzungen zu erhalten. So fand Sir William Thomson auf Grund dynamischer Prinzipien als sehr wahrscheinlich, daß die Sonne unsere Erde nicht während eines Zeitraumes von 100 Millionen Jahren beschienen hat, und als fast völlig gewiß, daß dies nicht während eines Zeitraumes von 500 Millionen Jahren geschah. Ebenso gelangte er zu dem Schlusse bezüglich der Zukunft, daß die Bewohner der Erde nicht für eine große Zahl von Millionen Jahren auf die nötigen Licht- und Wärmemengen rechnen können. Spezieller kommt J. J. See durch eine Weiterentwicklung der Helmholtzschen Sonnentheorie zu dem Ergebnisse, daß die Gesamtdauer der Sonnenstrahlung bis jetzt etwa 36 Mil-

lionen Jahre betrage, und daß die gegenwärtig noch vorhandene Sonnenenergie nur für etwa 4 Millionen Jahre noch ausreichen wird. Die Berechnungen stützen sich auf die Annahme, daß die Verdichtung der Materie die einzige Quelle ist, aus der die Sonne ihre Glut schöpft. Die neusten Entdeckungen der Physik haben indessen noch eine bis dahin völlig unbekannte Quelle aufgedeckt, welche Energie liefert. Diese Quelle ist das Radium, eine Substanz, die millionenmal mehr Energie enthält als eine gleiche Menge Dynamit. Man wird dies nicht übertrieben finden, wenn man hört, daß ein Seeschiff von 12 000 Tonnen Gehalt mit 15 Knoten stündlicher Geschwindigkeit auf einer Strecke von 6000 Seemeilen Länge nicht mehr Energie erfordert als in 22 Unzen Radium enthalten ist. Wenn daher die radioaktive Materie nicht lediglich auf die Erde beschränkt, sondern auch in der Sonne vorhanden ist, woran man kaum zweifeln kann, so würde darin eine Quelle von Energie gegeben sein, welche die Strahlung der Sonne durch sehr lange Zeiträume bestreiten könnte und bestritten hat. Gegenüber der geschichtlichen Dauer ist ein Zeitraum von einer Million Jahren unfaßbar groß; er ist es aber nicht im Rückblicke auf die Entwicklung der organischen Wesen während der verschiedenen geologischen Epochen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Temperaturkurve der Sonne sich bereits von ihrem höchsten Punkte abwärts neigte, als das erste organische Gebilde die Erdoberfläche belebte, und der bedeutendste Teil ihrer Energie war schon in den Weltraum ausgestrahlt, bevor ein menschliches Auge zum ersten Male von einem Lichtstrahle getroffen wurde.

BIOLOGIE

Geschichtliche Einleitung

Tiere und Pflanzen, so verschiedenartig in ihrer äußeren Erscheinung, stimmen in den Grundlagen ihres anatomischen Aufbaues überein; denn beide sind aus gleichartigen, meist nur mikroskopisch wahrnehmbaren Elementareinheiten zusammengesetzt. Man bezeichnet die letzteren als Zellen, sowie die Lehre, daß Tiere und Pflanzen in übereinstimmender Weise aus solchen kleinsten Teilchen bestehen, als die Zellentheorie.

In der Zellentheorie erblickt man mit Recht eines der wichtigsten Fundamente der ganzen modernen Biologie. Denn die Zellen, in welche der Anatom die pflanzlichen und tierischen Organismen zerlegt, sind die Träger der Lebensfunktionen; sie sind, wie Virchow sich ausgedrückt hat, die Lebenseinheiten.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, erscheint der gesamte Lebensprozeß eines zusammengesetzten Organismus nichts anderes zu sein als das höchst verwickelte Resultat der einzelnen Lebensprozesse seiner zahlreichen, verschieden funktionierenden Zellen. Das Studium des Verdauungsprozesses, der Muskel- und Nerventätigkeit führt zur Untersuchung der Funktionen der Drüsenzellen, der Muskel-, Ganglien- und Sinneszellen. Und wie die Physiologie ihre Fundamente in der Zellentheorie gefunden hat, so hat sich auch die

Lehre von den Krankheiten in eine Zellularpathologie umgewandelt.

In vieler Beziehung steht somit die Lehre von der Zelle im Mittelpunkt der biologischen Forschung der Gegenwart und bildet in jeder Beziehung den vornehmsten Gegenstand der allgemeinen Anatomie.

Die Geschichte der Zellentheorie ist von hohem Interesse. Nichts ist geeigneter als ein kurzer Abriß derselben, um den Anfänger in den Vorstellungskreis, den man jetzt mit dem Worte Zelle verbindet, einzuführen.

Zu der Erkenntnis, daß die Organismen aus Zellen zusammengesetzt sind, wurde der erste Anstoß durch das Studium der Pflanzenanatomie gegeben. In der Mitte des 17. Jahrhunderts beobachtete der Engländer Robert Hooke in dünnen Plättchen von Kork kleine Hohlräume und gab ihnen in seiner „Micrographia" den Namen „Zellen". Bald darauf veröffentlichten der berühmte Marcello Malpighi (1674) und der englische Naturforscher Nehemias Grew (1682) ihre großen ausgezeichneten Werke, Anatomia plantarum und Anatomy of plants, durch welche die mikroskopische Pflanzenanatomie zuerst begründet wurde; sie entdeckten mit schwachen Vergrößerungsgläsern in den verschiedensten Pflanzenteilen einmal kleine, kammerartige, mit festen Wandungen versehene und mit Flüssigkeit erfüllte Räume, die Zellen, und zweitens lange Röhren, die an vielen Stellen in mannigfacher Gestalt durch das Grundgewebe ziehen, und die jetzt je nach ihrer Form als Spiralröhren und Gefäße bezeichnet werden. Eine tiefere Bedeutung gewannen indessen diese Tatsachen

erst, als am Ende des 18. Jahrhunderts sich eine mehr philosophische Betrachtungsweise der Natur Bahn brach.

Wolff (1764), Oken (1809) u. a. warfen die Frage nach der Entstehung der Pflanzen auf und suchten ihre Gefäße und Röhren von der Zelle als Grundform abzuleiten. Namentlich aber hat sich Treviranus (1806) ein hervorragendes Verdienst erworben, indem er in seiner 1806 erschienenen Schrift „Vom inwendigen Bau der Gewächse" an jungen Pflanzenteilen den Nachweis führte, daß die Gefäße aus Zellen hervorgehen; er fand, daß junge Zellen sich in Reihen anordnen und durch Auflösung der Querscheidewände zu einer langgestreckten Röhre verschmelzen, eine Entdeckung, welche später durch die Nachuntersuchungen von Mohl zum gesicherten Besitz der Wissenschaft erhoben wurde.

Nicht minder wichtig für die Wertschätzung der Zelle wurde das Studium der niedersten Pflanzen. Man lernte kleine Algen kennen, die zeitlebens entweder nur eine einzige Zelle darstellen oder einfache Reihen von Zellen sind, welche sich leicht voneinander loslösen können. Endlich führte das Nachdenken über den Stoffwechsel der Pflanzen zu der Einsicht, daß die Zelle es sei, welche die Nahrungsstoffe aufnimmt, verarbeitet und in veränderter Form wieder abgibt.

So war schon am Anfang des 19. Jahrhunderts die Zelle als der morphologische und physiologische Elementarteil der Pflanze von verschiedenen Forschern erkannt worden. Besonders klar findet sich diese Anschauung in dem 1830 herausgegebenen Lehrbuch der Botanik von Meyen in folgendem Satze ausgesprochen: „Die Pflanzenzellen treten entweder einzeln auf, so daß eine

jede ein eigenes Individuum bildet, wie dieses bei Algen und Pilzen der Fall ist, oder sie sind in mehr oder weniger großen Massen zu einer höher organisierten Pflanze vereinigt. Auch hier bildet jede Zelle ein für sich bestehendes, abgeschlossenes Ganzes; sie ernährt sich selbst, sie bildet sich selbst und verarbeitet den aufgenommenen, rohen Nahrungsstoff zu sehr verschiedenartigen Stoffen und Gebilden.“ MEYEN bezeichnet daher geradezu die einzelnen Zellen als „die kleinen Pflänzchen in den größeren“.

Zu allgemeinerer Geltung gelangten indessen derartige Ansichten erst vom Jahre 1838 an, in welchem MATTHIAS SCHLEIDEN, seinen berühmten Aufsatz „Beiträge zur Phytogenesis“ veröffentlichte. In ihm suchte SCHLEIDEN die Frage zu lösen, wie die Zelle entsteht. Den Schlüssel hierzu glaubte er in einer Entdeckung des englischen Botanikers ROBERT BROWN gefunden zu haben, welcher im Jahre 1833 bei seiner Untersuchung der Orchideen den Zellenkern entdeckt hatte. SCHLEIDEN verfolgte BROWNS Entdeckung weiter; er überzeugte sich bei vielen Pflanzen von dem Vorkommen des Kerns, und da er ihn namentlich in jugendlichen Zellen beständig auftreten sah, entsprang in ihm der Gedanke, daß der Kern eine nähere Beziehung zu der so rätselhaften Entstehung der Zelle und demnach eine große Bedeutung im Zellenleben haben müsse.

Dieser e i n e Gedanke ist weit über das engere Gebiet der Botanik hinaus fruchtbringend geworden; denn durch ihn ist die Übertragung der Zellentheorie auf die tierischen Gewebe ermöglicht worden. Weit mehr noch als in pflanzlichen, treten in tierischen Zellen gerade die Kerne sehr deutlich hervor und weisen auf die Über-

einstimmung der histologischen Elemente bei Tieren und Pflanzen am offenkundigsten hin. Insofern bezeichnet die kleine Schrift SCHLEIDENS aus dem Jahre 1838 geschichtlich den wichtigen Wendepunkt, von welchem ab auch der Tierkörper der Herrschaft der Zellentheorie unterworfen wurde.

An Versuchen, den tierischen Organismus als eine Vielheit kleinster Elementarteile darzustellen, hat es auch vor SCHLEIDEN nicht gefehlt, wie die Hypothesen von OKEN (1809), HEUSINGER, RASPAIL und von manchen andern lehren. Den Versuch einer wirklich zusammenfassenden Zellentheorie aber, welche alle tierischen Gewebsteile berücksichtigt, wagte man nicht zu machen, ihn hat zuerst SCHWANN (1839), angeregt durch SCHLEIDENS Phytogenesis, unternommen und in genialer Weise durchgeführt.

Im Jahre 1838 erfuhr SCHWANN in einer Unterredung mit SCHLEIDEN von der neuen Theorie der Zellenbildung und von der Bedeutung, welche den Kernen bei den Pflanzen zukommen sollte. Er erkannte hierin sofort, wie er uns selbst erzählt, charakteristische Momente genug, welche zu einem Vergleich mit tierischen Zellen aufforderten. Mit bewundernswertem Eifer stellte er eine umfassende Reihe von Untersuchungen an, die er schon im Jahre 1839 unter dem Titel „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen" veröffentlichte. — Dieses Buch SCHWANNS ist ein grundlegendes Werk ersten Ranges, durch welches die mikroskopische Anatomie der Tiere, trotz der viel schwierigeren Aufgabe, auf gleiche Stufe mit der Pflanzenanatomie gehoben wurde.

Zu dem raschen und glänzenden Erfolg der Schwann-schen Untersuchungen haben wesentlich zwei Momente beigetragen. Erstens hat Schwann zur Untersuchung der tierischen Zellen vorzugsweise die Anwesenheit des Kerns benutzt, von dem er hervorhebt, daß er der am meisten charakteristische und am wenigsten veränderliche Zellenbestandteil sei. Wie schon angedeutet, liegt hierin das Fördernis, das Schwann durch Schleiden empfangen hat. Das zweite nicht minder bedeutsame Moment ist die richtige Methode, welche Schwann bei der Ausführung und Darstellung seiner Beobachtungen befolgt hat. Wie die Botaniker, gestützt auf das Studium unentwickelter Pflanzenteile, die Röhren aus der Grundform der Zelle abgeleitet hatten, so untersuchte auch er hauptsächlich die Entwicklungsgeschichte der Gewebe und fand, daß der Keim auf frühesten Stadien aus einer Summe ganz gleichartiger Zellen besteht; er verfolgte dann weiter die Metamorphosen oder die Umbildungen, welche die Zellen erleiden, bis sie in die fertigen Gewebe des erwachsenen Tieres übergehen. Er zeigte, wie ein Bruchteil der Zellen die ursprüngliche, kuglige Grundform beibehält, andere eine zylindrische Gestalt annehmen, andere in lange Fasern auswachsen oder zu sternförmigen Gebilden werden, indem sie an verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche zahlreiche Ausläufer ausschicken. Er zeigte an den Knochen, Knorpeln und Zähnen, wie wieder andere Zellen stark verdickte Wandungen bekommen; endlich erklärte er noch eine Reihe der am meisten abgeänderten Gewebe aus einer Verschmelzung von Zellengruppen, wobei er auch wieder einen analogen Vorgang bei den Pflanzen, die Entwickelung der Gefäße, im Auge hatte.

Im einzelnen litt aber die Vorstellung, welche SCHLEIDEN und SCHWANN sich vom Wesen des pflanzlichen und des tierischen Elementarteils gebildet hatten, an vielen Irrtümern. Beide Forscher definierten die Zelle als ein kleines Bläschen, das in einer festen Membran einen flüssigen Inhalt umschließt, als ein Kämmerchen, eine cellula im eigentlichen Sinne des Wortes. Als wichtigsten und als den wesentlichen Teil an dem Bläschen bezeichneten sie die Membran, von der sie annahmen, daß sie durch ihre chemisch-physikalischen Eigenschaften den Stoffwechsel regeln sollte. SCHWANN erblickte in der Zelle einen organischen Kristall, den er sich durch eine Art von Kristallisationsprozeß aus einer organischen Mutterlauge (Cytoblastem) bilden ließ.

Die Vorstellungsreihe, welche wir jetzt mit dem Worte „Zelle" verbinden, ist dank den großen Fortschritten der letzten sechs Jahrzehnte eine wesentlich andere geworden. Die SCHLEIDEN-SCHWANNsche Zellentheorie hat eine durchgreifende Reform erfahren; an ihre Stelle ist die Protoplasmatheorie getreten.

Die Geschichte der Protoplasmatheorie ist gleichfalls von hervorragendem Interesse. Schon SCHLEIDEN beobachtete in der Pflanzenzelle außer dem Zellensaft noch eine weiche, durchscheinende, mit kleinen Körnchen versehene Substanz, welche er Pflanzenschleim nannte. MOHL (1846) gab ihr im Jahre 1846 den später so bedeutungsvoll gewordenen Namen

Protoplasma. Auch entwarf er ein genaues Bild von den Lebenserscheinungen des pflanzlichen Protoplasma: er fand, daß es den Innenraum von jungen Pflanzenzellen vollständig ausfüllt, und daß es dann bei älteren und größeren Zellen Flüssigkeit, die sich in Blasen oder Vakuolen ansammelt, in sein Inneres aufnimmt. Endlich stellte MOHL fest, daß das Protoplasma, wie SCHLEIDEN auch schon für den Pflanzenschleim angegeben hatte, höchst eigentümliche Bewegungsphänomene zeigt, die als „kreisende Bewegung des Zellsaftes" beschrieben worden waren.

Hierzu gesellten sich noch andere Beobachtungen, welche den protoplasmatischen Inhalt der Zellen an Bedeutung gewinnen ließen. Bei manchen niedersten Algen zieht sich, wie UNGER, COHN und andere fanden, das Protoplasma zur Zeit der Fortpflanzung von der Zellmembran zurück und bildet einen frei im Zellraum liegenden, ovalen, nackten Körper, die Schwärmspore, welche bald die Membran an einer Stelle sprengt und durch die Öffnung hindurchschlüpft, um sich im Wasser mit Wimpern wie ein selbständiger Organismus, aber ohne Membran, fortzubewegen.

Schon wenige Jahre nach dem Auftreten von SCHWANN machten verschiedene Forscher auf viele tierische Zellen aufmerksam, an welchen eine besondere Membran nicht nachzuweisen war. Auch beobachtete man an der schleimigen, mit Körnchen versehenen Grundsubstanz einzelner tierischer Zellen, wie z. B. der Lymphkörperchen, ähnliche Bewegungserscheinungen, wie am pflanzlichen Protoplasma. REMAK (1852, 1855) übertrug daher den von MOHL für den Pflanzenschleim eingeführten Namen

Protoplasma auch auf die Grundsubstanz der tierischen Zellen.

Wichtige Einblicke in die Natur des Protoplasma eröffnete endlich das Studium der niedersten Organismen, Rhizopoden, Amöben, Myxomyceten etc. Ihre schleimige, von Körnchen durchsetzte, mit Kontraktilität begabte Substanz hatte DUJARDIN Sarkode genannt. Von ihr bemerkte schon 1850 FERD. COHN, daß sie nach ihrem „optischen, chemischen und physikalischen Verhalten" mit dem Protoplasma der Pflanzenzelle übereinstimmt. Namentlich aber führte MAX SCHULTZE (1854–1866) den unwiderleglichen Nachweis, daß das Protoplasma der Pflanzen und der Tiere und die Sarkode der niedersten Organismen identische Stoffe sind.

Aus der Tatsache, daß bei allen Organismen ein bestimmter Stoff vorkommt, welcher sich durch die merkwürdigen Bewegungsphänomene auszeichnet (Protoplasma der Tiere und Pflanzen, Sarkode der einfachsten Organismen), aus der Tatsache ferner, daß das Protoplasma der Pflanzen zwar gewöhnlich von einer besonderen festen Membran umschlossen ist, in einigen Fällen aber die letztere abstreifen und als nackte Schwärmspore sich im Wasser selbständig fortbewegen kann, aus der Tatsache endlich, daß die tierischen Zellen und die einfachsten einzelligen Organismen sehr häufig keine Membran besitzen und dann als nacktes Protoplasma und als nackte Sarkode erscheinen, zieht MAX SCHULTZE den Schluß, daß die Membran für den pflanzlichen und tierischen Elementarteil etwas Unwesentliches sei. Zwar behält er den durch SCHLEIDEN und SCHWANN in die Anatomie eingebürgerten Namen „Zelle" bei,

definiert dieselbe aber (1861) als ein mit den Eigenschaften des Lebens begabtes Klümpchen von Protoplasma, in welchem ein Kern liegt.

Unter einem Klümpchen von Protoplasma stellten sich indessen schon damals SCHULTZE und andere Forscher keineswegs etwas so Einfaches vor, wie das Wort auszudrücken scheint. Namentlich der Physiologe BRÜCKE (1861) schloß aus der Kompliziertheit der Lebenseigenschaften, deren Träger das Protoplasma ist, mit Fug und Recht, daß das Protoplasmaklümpchen eine komplizierte Struktur, einen „höchst kunstvollen Bau" besitzen müsse, in welchen nur die Unzulänglichkeit unserer Beobachtungsmittel keinen befriedigenden Einblick gestatte. Daher bezeichnete denn schon BRÜCKE sehr treffend den Elementarteil der Tiere und der Pflanzen, das Protoplasmaklümpchen, als einen Elementarorganismus.

Bei dieser Sachlage ist eigentlich der Name „Zelle" ein verkehrter. Daß er trotzdem beibehalten worden ist, erklärt sich teils aus gerechter Pietät gegen die Urheber der Zellentheorie, teils aus dem Umstand, daß die Anschauungen, welche die neue Reform herbeigeführt haben, erst nach und nach ausgebildet wurden und zu allgemeiner Geltung zu einer Zeit gelangten, als das Wort Zelle sich schon durch jahrzehntelangen Gebrauch in der Literatur eingebürgert hatte.

EIGENSCHAFTEN DER ZELLE

Mit Recht ist die Zelle auf Grund der Lebenseigenschaften, die an ihr beobachtet werden können, als ein „Elementarorganismus" bezeichnet worden. Die Zelle

ist aber selbst noch aus vielen, verschiedenartigen, elementaren Teilen zusammengesetzt zu denken, aus Teilen, welche einfacher als die Zelle, aber zusammengesetzter als das chemische Molekül sind, und welche, wie die Organe in einem höheren Organismus, beim Lebensprozeß zusammenwirken. Wir stehen jetzt in unserem Verständnis dem Zellorganismus in ähnlicher Weise gegenüber, wie vor hundert Jahren die Naturforscher dem tierischen und pflanzlichen Gesamtorganismus vor der Entdeckung der Zellentheorie. Um in diese tiefsten Geheimnisse des Lebens weiter einzudringen, müssen unsere optischen Hilfsmittel, noch mehr aber unsere chemischen Untersuchungsmethoden auf eine höhere Stufe der Vollendung gebracht werden.

In jeder Zelle ist ausnahmslos ein besonders geformter Teil nachzuweisen, welcher im ganzen Organismenreich mit einer großen Gleichförmigkeit auftritt, der Zellkern. Ihm und dem übrigen Teil der Zelle, dem Protoplasma, kommen offenbar eigenartige Aufgaben im Lebensprozeß des Elementarorganismus zu. Daher läßt sich die Untersuchung der chemisch-physikalischen und morphologischen Eigenschaften der Zelle am besten in zwei Teile zerlegen: in die Untersuchung des Protoplasmakörpers und in die Untersuchung des Zellkerns.

Das Protoplasma einzelliger Organismen, pflanzlicher und tierischer Zellen erscheint als eine zähflüssige, fast immer farblose, mit Wasser nicht mischbare Substanz, die infolge einer gewissen Ähnlichkeit mit schleimigen Stoffen einst von Schleiden als Schleim der Zelle bezeichnet wurde. Es bricht das Licht stärker als Wasser, so daß selbst feinste Protoplasmafädchen sich trotz ihrer

Farblosigkeit in diesem Medium erkennen lassen. Ferner hat es ein etwas größeres spezifisches Gewicht als Wasser, von einigen Fällen abgesehen, in denen es Luftblasen oder Fettkugeln einschließt. Es muß daher im Wasser langsam zu Boden sinken. Einzellige niedere Organismen können sich nur dadurch, daß sie besondere Lokomotionsorgane, Flimmern, Geißeln oder dergleichen besitzen, im süßen oder salzigen Wasser in der Schwebe erhalten. Man hat das spezifische Gewicht des Flimmerinfusors Paramaecium aurelia auf etwa 1,25 berechnet.

Das Protoplasma hat einen ziemlich hohen Grad von Konsistenz. Denn Protoplasmastränge, die einer Untersuchung unterworfen wurden, zerrissen erst, nachdem auf sie ein Zug von 120–300 mg auf den Quadratmillimeter ausgeübt worden war.

In keinem Protoplasma fehlen kleinste, nur wie Punkte erscheinende Körnchen, die Mikrosomen, die bald spärlicher, bald reichlicher vorhanden und in eine homogen aussehende Grundsubstanz eingebettet sind. Je nach ihrer Menge sieht daher das Protoplasma bald mehr durchscheinend, hyalin, bald etwas dunkler und körnig aus. Ihre Verteilung im Zellenleib ist selten eine gleichmäßige. Gewöhnlich bleibt eine mehr oder minder feine, oberflächliche Schicht körnchenfrei. Da dieselbe außerdem noch einen etwas festeren Aggregatzustand als die von ihr eingeschlossene, wasserreichere und körnige Protoplasmamasse darbietet, hat man beide als zwei verschiedene Plasmaarten unterschieden und die eine als Hautplasma oder Hyaloplasma und die andere als Körnerplasma bezeichnet (Fig. 8 *ek en*).

In dem Protoplasma legt man einen besonderen Wert als den eigentlichen Trägern der Lebensprozesse, den

Proteinsubstanzen bei, den kompliziertesten organischen Körpern, die es gibt, und über deren chemische Konstitution die Analyse noch wenig sichere Aufschlüsse gegeben hat. Ihre komplizierte Struktur beruht in erster Linie auf den ganz außergewöhnlichen, chemischen Eigenschaften des Kohlenstoffs. In den Proteinsubstanzen haben sich dem Kohlenstoff vier andere Elemente, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel beigesellt, in einem Verhältnis, welches man durch die Formel $C^{72}H^{106}N^{18}SO^{22}$ (Zusammensetzung eines Eiweißmoleküls) auszudrücken versucht hat.

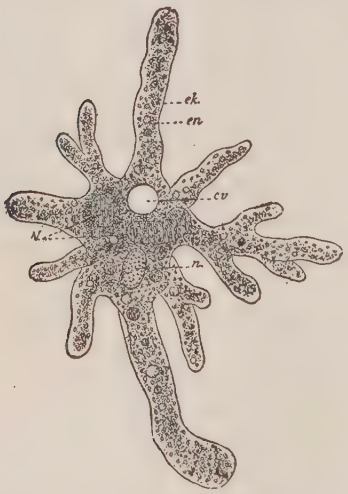


Fig. 8. Amoeba Proteus. *n.* Kern. *cv.* kontraktile Vakuole. *N.* Nahrungsballen. *en.* Körnerplasma. *ek.* Hautplasma.

Das Protoplasma ist sehr reich an Wasser, welches zu seiner Molekularstruktur in demselben Sinne gehört, wie z. B. das Kristallwasser zur Struktur sehr vieler Kristalle nötig ist, die ihre kristallinische Form durch Entziehung des Kristallwassers verlieren. An frischen Fruchtkörpern von Äthalium septicum fand Reinke 71,6 Proz. Wasser und 28,4 Proz. getrocknete Substanz. 66 Proz. Flüssigkeit ließ sich durch Auspressen erhalten.

Im Protoplasma kommen ferner stets eine Anzahl verschiedener Salze vor und bleiben bei der Verbrennung desselben an Asche zurück. Bei Äthalium septicum enthält die letztere an Grundstoffen Chlor, Schwefel, Phosphor, Kalium, Natrium, Magnesium, Calcium, Eisen.

Lebendes Protoplasma gibt eine deutlich alkalische Reaktion; rotes Lackmuspapier wird blau. Es ist dies bei Pflanzen auch dann der Fall, wenn der Zellsaft, wie gewöhnlich, sauer reagiert. Die alkalische Reaktion rührt bei den Pflanzen von Alkali her, welches in dem lebenden Protoplasma an die Proteinkörper gebunden ist.

Außerdem lassen sich im Protoplasma stets die verschiedensten Stoffwechselprodukte nachweisen, welche teils der progressiven, teils der regressiven Metamorphose angehören. Sie zeigen im tierischen und pflanzlichen Zellenkörper eine große Übereinstimmung. Hier wie dort sind Pepsin, Zucker, Dextrin, Fette, Milchsäure, Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure etc. gefunden worden.

Die Zelle ist kein „lebendes Eiweiß", wie man zuweilen gesagt hat, sie ist nicht einfach ein Gemengsel zahlloser Eiweißmoleküle, sondern sie ist ein Organismus, gebildet aus gesetzmäßig untereinander verbundenen elementaren Lebenseinheiten, die selbst wieder Komplexe von Eiweißmolekülen sind. Wenn es Aufgabe des Chemikers ist, die zahllosen Verbindungen der verschiedenartigen Atome zu Molekülen zu erforschen, so kann er, streng genommen, überhaupt nicht dem eigentlichen Lebensproblem näher treten. Denn dieses beginnt ja überhaupt erst da, wo seine Untersuchung aufhört.

Über dem Bau des chemischen Moleküls erhebt sich der Bau der lebenden Substanz. Als eine weitere höhere Art von Organisation erhebt sich der Bau der Zelle und über diesem erhebt sich wieder der Bau der Pflanzen und Tiere, die noch kompliziertere, kunstvolle Vereinigungen von Millionen und Milliarden Zellen darstellen, welche in der verschiedenartigsten Weise zusammengeordnet und differenziert sind.

Wie der zusammengesetzte ganze Organismus, hat auch jede einzelne Zelle ihr eigenes Leben. Das Leben aber, auch das Leben des allereinfachsten Elementarorganismus, ist ein außerordentlich zusammengesetztes und schwer definierbares Phänomen; es äußert sich, im allgemeinen ausgedrückt, darin, daß die Zelle kraft ihrer eigenen Organisation und unter den Einflüssen der Außenwelt beständig Veränderungen erfährt und Kräfte entfaltet, wobei ihre organische Substanz auf der einen Seite unter bestimmten Kraftäußerungen beständig zerstört, auf der anderen Seite wieder neu erzeugt wird. Auf dem beständigen Ineinandergreifen organischer Zerstörung und organischer Neubildung beruht der ganze Lebensprozeß.

Jeder einzelne Elementarorganismus zeigt uns vier verschiedene Grundfunktionen oder Grundeigenschaften, in denen sich sein Leben zu erkennen gibt:

1) er kann sich ernähren, Stoffe aufnehmen, umwandeln und wieder abgeben; dabei formt er Substanzen, welche zum Wachstum, zur Gewebebildung und für spezifische Leistungen des Lebens dienen;

2) er kann seine Form verändern und Bewegungen ausführen;

3) er reagiert auf bestimmte Reize der Außenwelt in verschiedener Weise, ist mithin reizbar;

4) endlich kann er sich durch Fortpflanzung vermehren.

Die Lebenseigenschaften besprechen wir daher in vier Kapiteln in folgender Reihenfolge:

1) den Stoffwechsel und die formative Tätigkeit,
2) die Bewegungserscheinungen,
3) die Reizerscheinungen,
4) die Fortpflanzung.

Stoffwechsel und formative Tätigkeit

Die lebende Zelle besitzt ihren eigenen Stoffwechsel; sie nimmt Nahrungssubstanzen auf, verändert sie, fügt einige Bestandteile derselben ihrem Körper ein, während sie andere wieder nach außen abgibt; sie gleicht einem kleinen, chemischen Laboratorium, in welchem fast fortwährend die verschiedenartigsten chemischen Prozesse vor sich gehen und auf der einen Seite hochmolekulare Stoffe von komplizierter Zusammensetzung gebildet, auf der anderen Seite wieder zerstört werden. Die lebendige Substanz befindet sich, um so mehr, je intensiver der Prozeß des Lebens ist, in einer beständigen Selbstzersetzung und einer mit ihr Schritt haltenden Neubildung. In dem Chemismus der Zelle sind daher zwei Hauptphänomene auseinander zu halten, die Phänomene der regressiven und der progressiven Stoffmetamorphose.

Bei ihrer Zerstörung wird die lebendige Substanz durch eine Reihe meist unbekannter Zwischenstufen in einfachere chemische Verbindungen übergeführt. Koh-

lensäure und Wasser sind die einfachsten Endprodukte dieser Reihe. Hierbei wird Spannkraft (potentielle Energie) in lebendige Kraft (kinetische Energie) umgewandelt. Intramolekulare Wärme wird frei und bildet die lebendige Kraft, die zu den Arbeitsleistungen des Zellkörpers die Vorbedingung ist.

Wie außerordentlich groß die Zersetzbarkeit der Lebenssubstanzen ist, geht schon daraus hervor, daß der geringste Anstoß oft genügend ist, große Umsetzungen und Arbeitsleistungen in den Zellkörpern hervorzurufen. „Sind es nicht wahrhaft verschwindend kleine lebendige Kräfte, die, in einem Lichtstrahl wirkend, die gewaltigsten Wirkungen in der Retina und dem Gehirn hervorrufen? Wie ganz minimal sind die lebendigen Kräfte der Nerven, wie ganz wunderbar klein die Mengen gewisser Gifte, die ein großes lebendiges Tier total vernichten."

Bei der Neubildung lebender Substanz oder der progressiven Metamorphose werden zum Ersatz des Verbrauchten neue Stoffe von außen aufgenommen, dem Körper einverleibt und in neue chemische Verbindungen übergeführt; bei diesen Arbeitsleistungen wird wieder Wärme in mehr oder minder hohem Grad gebunden und in Spannkraft umgewandelt. Die wieder gebundene Wärme kann teils von der bei den Zersetzungsprozessen frei werdenden intramolekularen Wärme herrühren, teils rührt sie, wie der Hauptsache nach in den Pflanzen, von der belebenden Wärme der Sonnenstrahlen her, durch welche der Organismenwelt ein großes Quantum lebendiger Kraft zugeführt und im Protoplasmakörper in Spannkraft umgesetzt wird. Die von außen aufgenommenen Substanzen und die der Sonne entströmende Wärme stellen das Betriebsmaterial und die Betriebs-

kraft dar, durch welche der Lebensprozeß in letzter Instanz unterhalten wird.

Trotz großer Verschiedenartigkeit des Stoffwechsels in den einzelnen Organismen gibt es doch eine Reihe von fundamentalen Prozessen, welche der gesamten organischen Natur gemeinsam sind und sich im niedrigsten, einzelligen Wesen ebenso abspielen wie im Körper der Pflanzen und Tiere, so daß sich auch in ihnen die Einheit der ganzen organischen Natur offenbart. Eine Übereinstimmung macht sich namentlich in folgenden drei Punkten geltend:

1) Jede pflanzliche und tierische Zelle atmet, d. h. sie nimmt aus ihrer Umgebung Sauerstoff nach Bedürfnis auf und verbrennt mit seiner Hilfe Kohlenhydrate und Eiweißsubstanzen ihres eigenen Körpers; bei diesem Verbrennungsprozeß werden als letzte Endprodukte Kohlensäure und Wasser gebildet.

2) In beiden organischen Reichen treten in großer Zahl entsprechende Substanzen im Stoffwechsel auf, wie Pepsin, Diastase, Zucker, Dextrin, Milchsäure, Ameisensäure, Essig- und Buttersäure.

3) In beiden Reichen sind manche Prozesse, durch welche komplizierte chemische Verbindungen dargestellt werden, identisch oder wenigstens sehr ähnlich und unterscheiden sich wesentlich von den Verfahren, durch welche der Chemiker imstande ist, eine Anzahl organischer Verbindungen auf synthetischem Wege darzustellen. Beim Chemismus der Zelle sowohl der Pflanzen wie der Tiere spielen Fermente eine große Rolle, Diastase, Pepsin, Trypsin etc. Darunter versteht man organische Stoffe, welche, in der lebenden Zelle erzeugt, in außerordentlich geringer Menge eine

große chemische Wirkung entfalten, und ohne selbst in nennenswertem Maße dabei verbraucht zu werden, hier Kohlenhydrate, dort Eiweißkörper in charakteristischer Weise chemisch verändern können.

Wir können im Verlauf des Stoffwechsels drei Stadien unterscheiden, die Stoffaufnahme, die im Innern des Protoplasma erfolgende Stoffumsetzung und die Stoffabgabe. Das erste und das letzte dieser Stadien wollen wir gemeinsam, alsdann das zweite für sich allein besprechen.

Die Stoffaufnahme und Stoffabgabe der Zellen

Alle Zellen nehmen sowohl Gase als auch Stoffe in flüssigem oder gelöstem und daher diffusionsfähigem Zustand in sich auf; manche Zellen endlich benutzen als Nahrung auch Körper von festem Aggregatzustand. Die drei Reihen von Erscheinungen verlangen eine gesonderte Besprechung.

1. *Die Aufnahme und Abgabe gasförmiger Stoffe*

In gasförmigem Zustand können die verschiedenartigsten Stoffe vom Protoplasma aufgenommen werden: Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlensäure, Kohlen- und Stickoxyd, Ammoniak-, Chloroform-, Ätherdämpfe u. dgl. m.

Von allgemeiner Bedeutung für den Stoffwechsel ist indessen nur die Aufnahme von Sauerstoff und Kohlensäure, besonders von dem ersteren. Ohne Aufnahme von Sauerstoff, welchen Vorgang man die A t m u n g nennt, kein Leben! S a u e r s t o f f a t m u n g ist mit wenigen Ausnahmen eine Fundamentaleigenschaft aller Lebewesen; sie ist für die Stoffwechselprozesse, auf

denen das Leben beruht, unbedingt notwendig. Sauerstoffmangel bringt in der Regel sehr rasch die Funktionen der Zelle, die Reizbarkeit, die Bewegungsfähigkeit etc. zum Stillstand; schließlich führt er mit Notwendigkeit den Tod herbei.

Welche Rolle spielt der Sauerstoff bei seiner Aufnahme in die Zelle?

Früher glaubte man, daß der Sauerstoff auf die lebende Materie direkt oxydierend einwirke, daß er, wie man sich bildlich ausdrückte, einen Verbrennungsprozeß im Körper hervorrufe, durch welchen Wärme geliefert werde. Der Vorgang ist jedenfalls ein komplizierterer; vor allen Dingen gehen die Kräfte, welche zur Bindung des Sauerstoffs führen, von der lebenden Substanz selbst aus. In dem Protoplasma, diesem Aggregat eigentümlicher Eiweißkörper und ihrer Derivate, in welchem außerdem noch Fette und Kohlenhydrate als Einlagerungen enthalten sind, finden beständig molekulare Umlagerungen und Umgruppierungen von Atomen, unter diesen auch Zersetzungen und Dissoziationen, statt. „Hierbei entwickeln sich in vielen Spaltprodukten fortdauernd auch Affinitäten zum freien Sauerstoff (oxydative Spaltung) und ziehen ihn auf diese Weise in den Stoffwechsel mit hinein.“ So entstehen bei der Atmung auf Kosten der organischen Substanz sauerstoffreichere Verbindungen und durch ihre fortgesetzte Spaltung und Oxydation schließlich Kohlensäure und Wasser, die wichtigsten Endprodukte des Zersetzungsprozesses der lebenden Substanz.

Es gilt dies für jede tierische, für jede pflanzliche Zelle.

Wenn man Pflanzenzellen, die keine Chlorophyllkörner enthalten, deren Protoplasma aber lebhaft strömt, in

einen Tropfen reinen Olivenöls legt, so verlangsamt sich bald infolge des behinderten Zutritts von Sauerstoff die Bewegung und hört bald ganz auf. Dasselbe geschieht, wenn Pflanzenzellen in eine Wasserstoffatmosphäre gebracht werden. Zunächst sind nur die Funktionen des Protoplasma aufgehoben; wird nach Entfernung des Olivenöls oder des Wasserstoffs wieder reine Luft zugeleitet, so kehren nach einer Periode der Erholung allmählich wieder Reizbarkeit und Bewegung zurück. Bei längerer Entziehung des Sauerstoffs aber folgt der Lähmung der Funktionen schließlich der Tod des Protoplasma unter Trübung, Gerinnung und Zerfall.

Ebenso atmet jede tierische Zelle. Wenn ein bebrütetes Hühnerei in den Anfangsstadien seiner Entwicklung, wo es aus lauter kleinen Zellen zusammengesetzt ist, in eine Kohlensäureatmosphäre gebracht wird, oder wenn man die poröse Kalkschale mit Öl durchtränkt, so daß ein Gasaustausch zwischen Keim und Luft nicht mehr stattfinden kann, so stirbt es in wenigen Stunden ab. Der bei dem Menschen durch die Lungen aufgenommene Sauerstoff dient dazu, um das Sauerstoffbedürfnis aller in den verschiedenen Geweben unseres Körpers enthaltenen Zellen zu befriedigen. Diesen Vorgang bezeichnet man in der Tierphysiologie im Gegensatz zur Aufnahme des Sauerstoffs durch die Lunge oder der Lungenatmung als innere Atmung.

Im ganzen Organismenreich ist der Atmungsprozeß mit Kohlensäureabgabe und mit Wärmebildung verbunden. Es ist dies ein einfaches chemisches Gesetz: „Wie bei jeder anderen Verbrennung von Kohlenstoff und Wasserstoff zu Kohlensäure und Wasser muß auch bei

der Atmung ein bestimmtes Quantum von Wärmebewegung erzeugt werden.“ Ebensogut wie die tierischen, atmen daher auch die pflanzlichen Zellen Kohlensäure aus und erzeugen Wärme. Bei Pflanzen ist Wärmebildung am leichtesten an lebhaft wachsenden Teilen nachzuweisen, an keimenden Samen, besonders deutlich aber an den Blütenkolben der Aroideen. Diese können sich zuweilen bis 15° C und mehr über die Temperatur der Umgebung erwärmen.

Bei der Atmung reguliert die lebende Zelle selber die Größe ihres Sauerstoffverbrauches. Derselbe wird einfach bedingt durch das Maß ihrer funktionellen Tätigkeit, die mit einer entsprechend großen Zersetzung organischer Substanz einhergeht. Eine unbefruchtete Eizelle atmet sehr geringe Quantitäten von Sauerstoff ein, desgleichen ein ruhender Pflanzensamen; wenn aber die Eizelle befruchtet wird und der Zellenteilungsprozeß in lebhaftem Gange ist, oder wenn der Pflanzensamen keimt, dann wächst die Sauerstoffaufnahme. Sie ist eine Funktion des in Lebenstätigkeit begriffenen Protoplasma. Hieraus erklärt sich auch leicht die Erscheinung, daß die Sauerstoffaufnahme in die lebende Zelle innerhalb weiter Grenzen vollkommen unabhängig von dem Partialdruck des neutralen Sauerstoffs ist.

Um das Kapitel der Atmung abzuschließen, ist noch auf eine wichtige Erscheinung einzugehen. Auch bei Abwesenheit von Sauerstoff können die Zellen bald kürzere, bald längere Zeit Kohlensäure ausatmen und Wärme erzeugen. Keimpflanzen in ein Torricellisches Vakuum gebracht, fahren fort, Kohlensäure auszu-

hauchen, in den ersten Stunden wie normal, dann in allmählich geringer werdender Quantität. Frösche lassen sich in dem sauerstofffreien und mit Stickstoff gefüllten Raum einer Glasglocke viele Stunden am Leben erhalten und atmen in dieser Zeit eine ziemlich beträchtliche Quantität von Kohlensäure aus: — Beide Versuche lehren, daß in der Zelle eine Zeitlang auch ohne unmittelbaren Zutritt von Sauerstoff bloß durch Zersetzung organischer Substanz Kohlenstoff- und Sauerstoffatome zur Bildung von Kohlensäure zusammentreten können. Man bezeichnet diesen Vorgang als intramolekulare Atmung. Solange dieselbe anhält, lebt die Zelle und bleibt, wenn auch mit stetig abnehmender Energie, reizbar und funktionsfähig, indem sie einen Teil des Sauerstoffs, der in ihren eigenen Substanzen gebunden ist, als Betriebskraft gebraucht. Bei länger fortgesetzter Entziehung des Sauerstoffs tritt aber immer der Tod ein.

Während die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure Anfang und Ende einer Reihe komplizierter Prozesse bezeichnen, welche hauptsächlich der regressiven Metamorphose oder der Zerstörung organischer Substanz angehören, bietet uns die Aufnahme und Verarbeitung der Kohlensäure in der Zelle einen Einblick in den entgegengesetzten Prozeß, in den Prozeß der progressiven Metamorphose oder der Erzeugung organischer Substanz. Im Unterschied zur Atmung nennt man diesen Vorgang die Kohlenstoffassimilation.

Sauerstoffatmung und Assimilation von Kohlensäure treten in jeder Beziehung in einen Gegensatz zu einan-

der. Jene ist eine fast dem ganzen Organismenreich angehörige, fundamentale Erscheinung, diese dagegen zeigt sich nur auf das Pflanzenreich beschränkt und auch hier ist sie keine Eigenschaft aller, sondern nur solcher Zellen, die in ihrem Protoplasma Blattgrün oder Blattgelb (Chlorophyll oder Xanthophyll) enthalten. Sauerstoffatmung führt zu oxydativen Zersetzungsprozessen, Kohlensäureassimilation dagegen zur Reduktion der Kohlensäure und zur Synthese hochmolekularer, organischer Substanzen. Es sind dies Kohlenhydrate; unter ihnen ist namentlich wegen ihrer weiten Verbreitung in den pflanzlichen Geweben die Stärke von Wichtigkeit; entstanden durch eine Reihe vorausgegangener synthetischer Prozesse, findet sie sich in Form kleiner Körnchen in den grünen Pflanzenteilen (Chlorophyllkörnern und Chlorophyllbändern) abgelagert.

Bei der Assimilation der Kohlensäure ist vieles noch in Dunkel gehüllt. Nur so viel läßt sich sagen: Kohlensäure und Wasser bilden das Ausgangsmaterial für die Synthese; dabei entsteht durch Reduktion von Kohlensäure und Wasser Sauerstoff und wird als Gas reichlich abgeschieden. Der Prozeß findet im Protoplasma nur bei Gegenwart von Chlorophyll statt, außer welchem auch noch andere chemische Körper beteiligt sein können. Endlich kann die Kohlensäureassimilation nur im Licht vor sich gehen. Denn um den Sauerstoff aus der Kohlensäure und dem Wassermolekül freizumachen, ist Wärme notwendig. Auch hierin stehen sich Kohlensäureassimilation und Sauerstoffatmung gegenüber; hier wird durch Oxydation, die ein Verbrennungsprozeß ist, Wärme erzeugt und lebendige Kraft frei gemacht, dort wird zu der Reduktion der Kohlensäure

Wärme verbraucht und als Spannkraft in den Assimilationsprodukten gebunden. Die für diesen Prozeß erforderliche Wärme liefert das Sonnenlicht.

Wenn man eine Wasserpflanze in kohlensäurehaltiges Wasser bringt und in die Sonne stellt, so sieht man alsbald zahlreiche kleine Luftblasen aufsteigen, die, unter einer Glocke gesammelt, bei einer chemischen Analyse zeigen, daß sie hauptsächlich aus Sauerstoff bestehen. Der Abscheidung des Sauerstoffs entsprechend, wird gleichzeitig aus dem Wasser Kohlensäure entnommen und zu Kohlenhydraten verarbeitet. Der Vorgang der Assimilation ist im Lichte ein so lebhafter, daß daneben die Sauerstoffatmung und Kohlensäureabgabe, welche zur Unterhaltung des Lebensprozesses absolut notwendig ist, vollständig in den Hintergrund tritt und daher auch in früherer Zeit ganz übersehen wurde. Dagegen stellen Pflanzen, die ins Dunkle gebracht werden, sofort die Sauerstoffabscheidung und nicht minder auch die Kohlensäureaufnahme ein, fahren aber im Dunkeln, ebenso wie belichtete Pflanzen, nach wie vor zu atmen fort. Das Gas, das jetzt, freilich in viel geringerer Quantität als in obigem Versuch, ausgeschieden wird, ist Kohlensäure.

Auf einen interessanten Unterschied, der zwischen Sauerstoffatmung und Kohlensäureassimilation bei den Pflanzen besteht, hat CLAUDE BERNARD hingewiesen. Er hat Wasserpflanzen durch Chloroform in Narkose versetzt und gefunden, daß sie jetzt im Sonnenlicht keinen Sauerstoff mehr ausscheiden. Wie in der Narkose die Reizbarkeit und Bewegungsfähigkeit des Protoplasma, so wird in ihr auch die Chlorophyllfunktion, die Fähigkeit, auf synthetischem Wege

aus Kohlensäure und Wasser Stärke zu bilden, absolut aufgehoben; doch kehrt sie wieder zurück, wenn die Pflanze in reines Wasser gebracht wird. Noch bemerkenswerter aber ist bei diesem Versuch, daß während der Narkose die Atmung unter Abscheidung von Kohlensäure weiter vor sich geht. Dieser Unterschied ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Sauerstoffatmung und die mit ihr verbundene Zersetzung mit dem ganzen Lebensprozeß in einem viel innigeren Zusammenhang stehen und daher erst mit dem Leben der Zelle ganz erlöschen. Ehe aber durch Narkose der Tod der Zelle herbeigeführt wird, werden schon längere Zeit zuvor die Funktionen der Zelle gelähmt, unter ihnen auch die Chlorophyllfunktion.

2. *Die Aufnahme und Abgabe flüssiger Stoffe*

Die meisten Substanzen, welche dem Stoffwechsel dienen, werden von den Organismen in gelöstem Zustand aufgenommen. Von Einzelligen und von Wasserpflanzen werden sie aus der ihnen zum Aufenthalt dienenden Flüssigkeit, von den Landpflanzen mit Hilfe ihrer Wurzeln aus dem von Wasser durchtränkten Boden bezogen. Dagegen ernähren sich die Zellen der höheren Tiere durch Aufnahme gelöster Substanzen aus Flüssigkeitsmedien, die bei ihnen in Hohlräumen ihres eigenen Körpers durch komplizierte Einrichtungen erst gebildet werden müssen. Diese Flüssigkeitsmedien sind der Chymusbrei des Darmkanals, das Blut, der Chylus und die Lymphe. Sie spielen für die tierischen Zellen dieselbe Rolle, wie Wasser und Bodenfeuchtigkeit mit den in ihnen gelösten Substanzen für niedere Organismen und für Pflanzen.

Gegenüber veralteten Anschauungen der Physiologie, nach denen die hauptsächlichen Stoffwechselprozesse in die Säfte des Körpers verlegt wurden, kann nicht scharf genug der Satz hervorgehoben werden: Die Zellen sind die Herde der Stoffaufnahme, Abgabe und Umsetzung. Die Säfte dienen nur dazu, den Zellen das Nahrungsmaterial in gelöster Form darzubieten und die Zerfallsprodukte des Stoffwechsels wieder abzuführen. Zwischen den Zellen und dem sie umspülenden Medium bestehen die kompliziertesten Wechselbeziehungen physikalischer und chemischer Art. Ihre Erforschung gehört zu den schwierigsten Aufgaben, auf die hier nur zum kleinsten Teil eingegangen werden kann. Jede Zelle ist in ihrer ganzen Organisation an das umgebende Medium auf das genaueste angepaßt. Wenn in seiner Konzentration oder Zusammensetzung irgendwie erhebliche Veränderungen plötzlich eintreten, führen sie den Tod der Zelle unter Verquellung oder Schrumpfung oder Gerinnung des Protoplasma herbei; doch können in manchen Fällen größere Veränderungen auch dauernd ertragen werden, vorausgesetzt, daß die verschiedenen Zustände allmählich und in längerer Zeit ineinander übergehen, wodurch es den Zellen möglich gemacht wird, sich in ihrer Organisation für die anderen Bedingungen einzurichten. So können Süßwasseramöben an einen Aufenthalt in Salzwasser gewöhnt werden. Meertiere können sich einer niederen und höheren Konzentration im Salzgehalt anpassen.

Wenn man genauer das Verhältnis untersucht, in welchem die lebende Zelle zu der sie umspülenden Flüs-

sigkeit steht, muß man sich in erster Linie vor der Vorstellung hüten, als ob die erstere von der letzteren einfach durchtränkt werde. Eine solche Vorstellung würde eine durchaus verfehlte sein. Im Gegenteil stellt jede Zelle eine in sich abgeschlossene Einheit dar, welche aus dem Flüssigkeitsgemisch einige Stoffe mehr, andere minder reichlich in ihr Inneres aufnimmt, andere auch ganz abweist. Verschiedene Zellen können sich in allen diesen Beziehungen sehr ungleich verhalten; mit einem Wort, die Zellen treffen unter den ihnen dargebotenen Stoffen gewissermaßen eine Auswahl.

Ein solches, oft sehr verschiedenartiges Wahlvermögen ist sehr leicht nachzuweisen: Unter den niedersten einzelligen Organismen bilden sich einige ein Skelett aus Kieselsäure, andere aus kohlensaurem Kalk. Gegen beide Stoffe, die in geringen Mengen im Wasser gelöst vorkommen, zeigen sie demnach ein ganz entgegengesetztes Wahlvermögen, das in der Bildung der Kreide und der aus Kieselschalen bestehenden Erdschichten zu einem großartigen Gesamtresultat geführt hat. Ebenso nehmen die Zellen verschiedener Pflanzen, die in demselben Wasser unter gleichen Bedingungen nebeneinander gedeihen, sehr verschiedene Salze und in ungleichen Mengen in sich auf. Man kann die hier vorkommenden relativen Verhältnisse leicht berechnen, wenn man die Pflanzen trocknet, verbrennt und die einzelnen Aschenbestandteile in Prozenten der Reinasche ausdrückt.

Überhaupt lehren Meerespflanzen am besten, in wie ungleichem Maße sie aus dem Gemenge von Salzen, das ihnen das Meerwasser bietet, das ihnen zum Leben Notwendige entnehmen. Denn vom Kochsalz, das etwa

zu 3 Proz. gelöst ist, speichern die Zellen nur wenig in sich auf, dagegen relativ viel größere Mengen von Kalium-, Magnesium- und Calciumsalzen, die im Meerwasser nur in Spuren vorhanden sind. Und ebenso gestalten sich sehr verschieden die Aschenanalysen der auf demselben Boden nebeneinander gedeihenden Landpflanzen.

3. *Die Aufnahme fester Körper*

Zellen, die von keiner besonderen Membran umschlossen sind oder in ihrer Membran Öffnungen besitzen, sind auch imstande, feste Körper in ihr Protoplasma aufzunehmen und zu verdauen. Rhizopoden fangen andere kleine, einzellige Organismen ein, die mit ihren im Wasser weit ausgestreckten Pseudopodien in Berührung kommen (Fig. 8). Die Pseudopodien, die den Fremdkörper erfaßt haben, legen sich um ihn zusammen, verkürzen sich und ziehen ihn so allmählich in die Hauptmasse des Protoplasma hinein. Hier werden die brauchbaren Substanzen verdaut, während unverdauliche Reste, wie Skelettbildungen etc., nach einiger Zeit wieder nach außen hervorgestoßen werden. Auch feste Substanzen, die keinen Nährwert besitzen, können aufgenommen werden. Wenn man Karmin- oder Zinnoberkörnchen in das Wasser bringt, so bemächtigen sich die Rhizopoden derselben so gierig, daß nach wenigen Stunden der ganze Körper von ihnen dicht erfüllt ist.

Die meiste Beachtung aber wegen ihrer Fähigkeit, feste Körper aufzunehmen und zu verdauen, verdienen die weißen Blutkörperchen, die Lymphzellen und die Wanderzellen des Mesoderms sowohl bei Wirbellosen als bei Wirbeltieren. (Fig. 9.) Der Vorgang des Fressens

läßt sich unter dem Mikroskop direkt verfolgen. Man setzt etwas Karminpulver oder etwas Milch einem frisch entleerten Tropfen von Lymphe oder Blut unter Beobachtung einiger Vorsichtsmaßregeln zu. Handelt es sich um ein Präparat von einem Säugetier oder vom Menschen, so muß man dasselbe auf dem heizbaren Objekttisch vorsichtig bis auf 30–35° C erwärmen. Indem jetzt die weißen Blutzellen amöboide Bewegungen auszuführen beginnen, ergreifen sie mit ihren Scheinfüßchen die Farbstoffkörnchen oder Milchkügelchen, mit denen sie in Berührung kommen, und ziehen sie in ihren Körper hinein. Sie sind daher von METSCHNIKOFF als Phagocyten und der ganze Vorgang als Phagocytose bezeichnet worden.

FIG. 9. Ein Leukocyt des Frosches, in dem ein Bakterium eingeschlossen ist und verdaut wird. Die beiden Figuren repräsentieren zwei Stadien der Bewegung ein und derselben Zelle. Nach Metschnikoff.

Die Fähigkeit der amöboiden Elemente des tierischen Körpers, feste Substanzen aufzunehmen, ist von einer sehr hohen physiologischen Bedeutung; denn hierin besitzt der Organismus ein Mittel, um aus seinen Geweben ihm fremdartige und schädliche, geformte Teile zu entfernen.

Bei Infektionskrankheiten bilden die Phagocyten eine Schutztruppe des Körpers, um der Verbreitung von

Mikroorganismen im Blut und in den Geweben entgegenzuwirken. Es ist ein großes Verdienst von METSCHNIKOFF, auf diesen Gegenstand die Aufmerksamkeit gelenkt zu haben. Es gelang ihm zu zeigen, daß bei Erysipel die Kokken, bei Rückfalltyphus die Spirillen, bei Milzbrand die Bacillen von Wanderzellen gefressen und dadurch unschädlich gemacht werden. Die gefressenen Mikroorganismen, deren Zahl in einer Zelle oft 10–20 betragen kann, zeigen nach einiger Zeit deutlich erkennbare Spuren der Auflösung. Befinden sich die Mikroorganismen im Blut, so geschieht ihre Vernichtung vorzugsweise in der Milz, in der Leber und in dem roten Knochenmark. Ist ihre Ansiedelung an einer Stelle im Gewebe erfolgt, so sucht sich der Körper der Eindringlinge dadurch zu entledigen, daß infolge der reaktiven Entzündung zahlreiche Wanderzellen auf dem Platz erscheinen. Zwischen Mikroorganismen und Phagocyten wird ein lebhafter Kampf geführt, welcher zugunsten der einen oder anderen Partei entschieden wird, und je nachdem die Heilung oder den Tod des von der Infektion betroffenen Tieres herbeiführt.

BOTANIK

Pflanzengeographie

Bei der Ausbreitung der Pflanzenarten von der ursprünglichen Heimat aus kommen verschiedene Einflüsse in Betracht. Dieselben sind zum Teil ausßerhalb zum Teil innerhalb der Pflanze gelegen. Wenn das Milieu der Pflanze sich ändert, sind es wieder diese Einflüsse, welche der Pflanze ermöglichen, den einmal besiedelten Standort zu behaupten bzw. nach Gebieten auszuwandern, die ihr besser zusagen.

Wir unterscheiden folgende Abschnitte:

1. Die Wärme.
2. Die Feuchtigkeit.
3. Das Licht.
4. Der Wind.
5. Die Bodenbeschaffenheit.
6. Die Organismenwelt.
7. Die Individualität.
8. Das Wohngebiet.
9. Die Zeit.

Die Wärme

In ähnlicher Weise wie vom Äquator zum Pol nimmt die Wärme auch vom Tiefland nach dem Hochgebirge ab.

Da nun die Pflanzen thermisch sehr verschieden abgestimmt sind, wird diese verschiedene Wärmeverteilung der Erdoberfläche zu einer geographischen Sonderung der Pflanzenwelt führen müssen. Für die einzelnen Stoff- und Kraftwechselvorgänge bedarf jede Art ganz bestimmter Wärmemengen; für

jede Funktion gibt es, eine untere und eine obere Wärmegrenze sowie eine Temperaturgröße, bei welcher der Prozeß die größte Aktivität zeigt. Eine vorübergehende Kältestarre tritt in den Bewegungsorganen der *Mimosa pudica L.* schon ein, wenn die Temperatur der umgebenden Luft einige Stunden unter 15° C verweilt; je tiefer die Temperatur unter 15° C sinkt, desto rascher erfolgt der Eintritt des Starrezustandes. Zuerst verschwindet die Reizbarkeit für Erschütterung und Berührung, später auch die für Lichteinwirkung. Vorübergehende Wärmestarre tritt in feuchter Luft bei 40° C innerhalb einer Stunde, bei 49–50° C schon nach wenigen Minuten ein.

Auf zahlreiche tropische Pflanzen wirken schon niedere, aber immerhin noch einige Grade über Null stehende Temperaturen abtötend. Für die Verbreitungsfrage ist diese Tatsache von nicht geringer Wichtigkeit. Wohl das bekannteste Beispiel ist die in Kolumbien heimische *Gesneracee*, *Episcia bicolor Hook.*, die bei einer Temperatur unter +5° C zugrunde geht. Bei Einwirkung dieses Wärmegrades zeigen die Blätter schon nach 18 Stunden, mitunter noch früher, zahlreiche braune Flecken. Die Pflanze sieht wie vergiftet aus; nach fünf Tagen sind die Blattspreiten abgestorben.

Die individuelle Empfindlichkeit der einzelnen Arten gegen Kälte hängt aber bekanntlich sehr vom augenblicklichen Entwicklungsstadium der Pflanze ab. Gewächse in lebhafter vegetativer Tätigkeit, wie z. B. Bäume während des Safttriebes, sind in viel höherem Grade gefährdet als solche, deren Wachstum zeitweise abgeschlossen ist. Der Kältepol Eurasiens liegt noch im Waldgebiet. Für Werchojansk in Ostsibirien wird unter 67° 43′ N. als absolutes Minimum −69.8° C an-

gegeben, eine Temperatur, die von den Bäumen jener Gegend noch ohne Schaden ertragen wird.

Ein vorzügliches Mittel, abnorm hohen oder sehr niederen Temperaturen aber auch exzessiver Trockenheit zu widerstehen, ist deren Überdauerung im Samenstadium. *Pictet* erzielte mit flüssiger Luft Temperaturen von $-200°$ C und *Thiselton-Dyer* mit Hilfe von flüssigem Sauerstoff sogar $-250°$ C, dies sind Temperaturen, die weit unter dem absoluten Minimum liegen, das für Samen an irgend einem Punkt der Erdoberfläche eintreten kann. Gewisse lufttrockene Samen vermögen aber trotzdem solche abnorm tiefe Temperaturen, wenigstens auf kürzere Zeit, ohne Schaden zu ertragen. Sogar Samen von *Avena* und *Triticum* erwiesen sich nach 118 Tagen, nachdem sie einer Temperatur von -35 bis $-57°$ C ausgesetzt waren, noch keimfähig. Mit zunehmendem Wassergehalt der Samen nimmt die Widerstandsfähigkeit allerdings rasch ab. Es ist sehr zu bedauern, daß bisher über diese wichtigen Fragen so wenig positive Beobachtungen vorliegen. Die hochalpine und arktische Flora scheint in dieser Hinsicht noch kaum untersucht worden zu sein.

In Anbetracht der großen Frosthärte der Samen sollte man erwarten, daß Pflanzen, die periodisch sehr niederen Temperaturen ausgesetzt sind, also besonders alpine und hocharktische Gewächse, die Kälteperioden jeweilen vorzugsweise im Samenstadium überdauern werden, indessen ihre vegetativen Teile zugrunde gehen. Aber die Erfahrung lehrt uns, daß sowohl in der Arktis als im Hochgebirge die Zahl der einjährigen Arten mit zunehmender Breitenlage bzw. Meereshöhe rasch abnimmt. In den französischen Westalpen (Dauphiné, Oisans) hat

man an zahlreichen Gattungen die Abnahme der einjährigen Arten im Gebirge verfolgt, und zwar mit folgenden Ergebnissen:

Zwischen	200–600 m	Meereshöhe	finden sich 60% Einjährige
"	600–1800 "	"	nur noch 33% "
über	1800 "	"	aber sogar nur 6% "

Über 2600 m hat die Hochalpenregion nur 3·8% annueller Arten. Oberhalb 3250 m fehlen die Einjährigen fast ganz. Ähnlich verhält es sich im hohen Norden. Unter den 123 Gefäßpflanzen Spitzbergens zählt man nur 2 typische Sommerpflanzen. Ja noch mehr. Vielfach kann man beobachten, wie einjährige Ebenenpflanzen im Gebirge und im hohen Norden zweijährig oder sogar ausdauernd werden. So findet man z. B. in Spitzbergen 5 Arten, die in guten Jahrgängen einjährig sind, bei ungünstigen Verhältnissen aber zweijährig oder gar ausdauernd werden. Spitzbergen besitzt mithin nur 1·6% wirklich einjähriger Arten.

Unter den ca. 60 Spezies, die im äußersten Norden von Grönland den 80° N. überschreiten, finden sich nur noch zwei, und zwar nur fakultativ einjährige Arten.

Wenn Polarpflanzen und Oreophyten somit den einfachen Weg der Überdauerung der jährlichen Kälteperiode durch Samen kaum wählen, so muß dieses seinen ganz bestimmten Grund haben. Unter allen Lebensprozessen erfordert bekanntlich keiner so viele Kalorien, wie derjenige der Fruchtreife, die bei den meisten Arten erst dann vor sich geht, wenn alle anderen vegetativen und reproduktiven Vorgänge längst abgeschlossen sind. Die in beiden Gebieten der Pflanze zur Verfügung stehende Wärme reicht sehr oft nicht zur Ausreifung der

Samen, ja zuweilen sogar nicht einmal mehr zur Entfaltung der Blüten aus, so daß viele Arten fast ausschließlich auf vegetative Vermehrung angewiesen sind, und nur nach langen Pausen in ausnahmsweise günstigen Jahrgängen zur Samenreife gelangen. Unter diesen Umständen ist es verständlich, daß einjährige Sommerpflanzen in diesen Gebieten fast unmöglich sind, denn ein einziger, ausnahmsweise kalter Sommer müßte deren Aussterben zur Folge haben. Nur Arten mit minimalen Wärmeansprüchen, und die im Notfall zweijährig oder sogar ausdauernd werden könnten, dürfen es wagen, in den genannten Kältegebieten im Zustande der Einjährigkeit zu verharren.

Die Meteorologie hat von je her auf die Feststellung der mittleren Jahrestemperatur großen Wert gelegt. Vom pflanzengeographischen Standpunkt kann aber die mittlere Jahrestemperatur nur eine sehr untergeordnete Bedeutung besitzen.

Von viel größerem Einfluß auf die geographische Verbreitung der Arten sind einige andere thermische Werte, nämlich:

Die mittlere Temperatur und ihre Verteilung während der Vegetationsperiode. Die Vegetationstätigkeit kann entweder durch Kälte oder durch Trockenheit periodisch unterbrochen werden. In beiden Fällen treten die Gewächse in ein latentes Lebensstadium, in denen alle Funktionen auf ein oft kaum meßbares Minimum herabsinken. Für den Haushalt der Pflanze fallen diese Perioden außer Betracht. Für sie kommt nur die Wärmemenge und ihre Verteilung während der Vegetationsperiode in Frage.

Noch vor zwei bis drei Dezennien hat man sich die

Beziehungen zwischen Wärme und Pflanzenleben viel einfacher vorgestellt, als dies heute der Fall ist. Man nahm einen direkten und unveränderlichen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Pflanzen und der auf sie einwirkenden Wärmemengen an.

So einfach liegen die Verhältnisse jedoch nicht. Viele Samen bedürfen erst einer längeren Samenruhe, ehe sie durch Wärmewirkung zu keimen vermögen. Auch die sog. „Spätlinge", Pflanzen, die, unter gleichen Verhältnissen lebend, gegenüber den gleichen Arten ihrer Umgebung in der Entwicklung stark zurückbleiben, sollten zur Vorsicht mahnen. So sah ich gegen Ende Mai 1900 im korsischen Gebirgsland mitten im belaubten Buchenwald hin und wieder noch einzelne, vollständig kahle Stämme.

Im allgemeinen haben sich in höheren Breiten und im Hochgebirge die Pflanzen einer geringeren, in südlichen Ländern einer höheren Temperatursumme angepaßt. Im Norden oder im Hochgebirge erzeugte Pflanzen eilen daher, da ihre Temperaturanforderungen rascher befriedigt werden, nach Süden oder in das Tiefland versetzt den hier erzeugten Pflanzen voraus; umgekehrt bleiben südliche Pflanzen oder Gewächse der Ebene, nach Norden oder ins Hochgebirge verpflanzt, in ihren Vegetationsphasen gegenüber denselben, aber in diesen Gebieten heimischen Pflanzen, zeitlich zurück.

Die aus Gebirgssamen gezüchteten Fichten treiben beim Anbau in Tieflagen etwas früher als die Tieflandsfichten, schließen dagegen ihr jährliches Höhenwachstum bedeutend früher ab. Die jährliche Wachstumsperiode der Hochgebirgsfichten ist also kürzer als jene der Tieflandsfichten. Die Anpassungen ihrer Lebensfunktionen

an bestimmte Temperaturen und noch andere Eigentümlichkeiten werden auf die Nachkommen vererbt. Es sind dies biologische Unterschiede, die morphologisch am Fichtensamen selbst absolut nicht zu erkennen sind. Tiefland- und Hochgebirgsfichte sind somit nicht identisch, es sind „klimatische Formen" oder „physiologische Varietäten", deren Entstehung wohl in erster Linie auf die verschiedenen Wärmeverhältnisse, die im Tiefland und Hochgebirge herrschen, zurückzuführen sind.

Wie außerordentlich verwickelt das Problem des Einflusses der Wärme auf die Verbreitung der Arten ist, soll noch an Hand von *Calluna vulgaris*, der gemeinen Heide, gezeigt werden. Wie viel Wärme läßt diese Pflanze am Südfuß der Alpen scheinbar unbenutzt? Nach *Hull* blüht sie im nördlichen Lappland durchschnittlich am 15. August, zu einer Zeit, wo die mittlere Tagestemperatur 11° C beträgt und etwa $2\frac{1}{2}$ Monate nach Beginn der Vegetationsperiode, nachdem sie erst eine Wärmesumme von ca. 850° C erhalten hat. Um Görz gelangt Calluna im Mittel Ende Juli, öfters sogar erst Anfang August zur Blüte, die mittlere Tagestemperatur beträgt alsdann 23° C und die Heide braucht hier, um das Blütenstadium zu erreichen (vom ersten Tagesmittel über dem Nullpunkt) mindestens sechs Monate; sie hat in dieser Zeit eine Wärmesumme von ca. 2600° C empfangen, indessen sie im nördlichen Lappland schon mit einem Drittel dieser Wärmemenge die Anthese erreicht. Bereits im südlichen Lappland blüht Calluna genau zur gleichen Zeit wie in Görz, im südlichen Schweden sogar drei Wochen früher.

Nach diesen Erfahrungen wird man auf die Wärme allein nicht zu viel Gewicht legen dürfen; sie bildet

zwar einen sehr wichtigen, aber eben doch nur einen, unter neun phytogeographischen Faktoren.

Ganz eigenartig liegen endlich die Verhältnisse im hohen Norden bzw. in den höheren Regionen der Hochgebirge und Hochländer. Hier ergeben sich Vegetationsperioden von nur zwei bis drei Monaten, zudem mit mittleren Monatstemperaturen, die nur wenig über dem Nullpunkt liegen, so daß es unter Zugrundelegung der von der Meteorologie gelieferten Daten physiologisch unverständlich ist, wie unter solchen Bedingungen höheres Pflanzenleben überhaupt noch möglich ist.

Wählen wir zur Veranschaulichung dieser Tatsache einige hocharktische Stationen.

S.	Breitenlage	Mittlere Monatstemperaturen in Celsiusgraden					Mittel der Vegetationsperiode (VI–VIII)
		V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	
1. Gydabusen (Sibirien)	72° 20′ N.	− 8·6	−1·5	+1·3	+1·7	− 1·7	+0·5
2. Sagastyr (Sibirien)	73° 24′ N.	− 9·6	0	4·6	2·9	0·2	+2·5
3. Barrowstrasse (arktisches Nordamerika)	74° 4′ N.	−10·6	0·4	3·1	1·6	− 6·1	+1·7
4. Insel Sabine (NO.-Grönland)	74° 32′ N.	− 5·4	2·3	3·3	0·7	− 4·3	+2·1
5. Insel Lychow (Neusibirische Inseln)	ca. 75° N.	−11·5	0	3·7	1·1	− 2·4	+1·6
6. Cap Thordsen (Spitzbergen)	78° 28′ N.	− 5·1	1·8	4·4	4·6	− 1·4	+3·6 (Max.)
7. C. Flora (Franz Joseph-Land)	79° 56′ N.	− 8·5	−0·4	1·3	0·2	− 4	+0·36 (Min.)
8. Fort Conger (Grantland)	81° 44′ N.	− 8·1	0·6	2·7	0·8	11·7	1·37

Sehen wir vom C. Thordsen auf Spitzbergen, das noch unter dem Einfluß des Golfstromes steht, ab, so schwanken die mittleren Sommertemperaturen der übrigen Stationen von +0·36 bis 2·5° C, das sind Temperatur-

mittel, die in Mitteleuropa meist schon im Februar, ja an den maritimen Stationen bereits im Januar nicht nur erreicht, sondern sogar vielfach überschritten werden, zu einer Zeit, wo die Vegetation noch völlig im Winterschlaf verharrt. Zum Vergleich seien hier einige mittlere Januartemperaturen notiert: Stuttgart 0·8, Heidelberg 1·3, Köln 1·9, Brüssel 2, London 3·5.

Wenn trotzdem der hohe Norden bis zu den äußersten Landmarken ein noch verhältnismäßig reiches Pflanzenleben aufweist, so ist dies hauptsächlich zwei Faktoren zu verdanken; erstens der ununterbrochenen Assimilationstätigkeit als Folge der kontinuierlichen Belichtung während des Polarsommers, und zweitens den lokalen Erwärmungen. Auf die große Bedeutung dieser Wärmequelle für die arktische Pflanzenwelt haben die meisten nordischen Forscher der Neuzeit hingewiesen.

Andersson notierte in Bellsund auf Spitzbergen am 7. Juli mittags zwischen 11½ und 12½ Uhr, nachdem die Sonne schon 20 Stunden lang von einem fast unbewölkten Himmel herabgeschienen, folgende Temperaturen:

Lufttemperatur, 1 m über dem Boden ..... + 4·7° C
Temperatur der Oberfläche eines Polsters von Silene acaulis L. + 15·5° C
Temperatur des Bodens in einer Tiefe von 8 cm, wo sich die Hauptmasse der Wurzeln befanden ..... + 9·3° C

In einer Tiefe von 25–30 cm lag schon das Bodeneis.

Demnach ist die Wärme derjenigen Luftschicht, in der die assimilierenden Organe der Pflanze leben, etwa dreimal so groß als die Lufttemperatur, und die Wurzeln führen ihre für die Lebensprozesse so wichtige Absorptionstätigkeit in einer Temperaturschicht aus, die ungefähr doppelt so groß

ist, wie diejenige des Schleuderthermometers am betreffenden Beobachtungsort. Ja, die durch direkte Bestrahlung aufgenommene Wärme hält bei eintretender Bewölkung den Boden noch mehrere Stunden doppelt so warm als die umgebende Luft.

In der Literatur werden sogar Fälle erwähnt, wo die tatsächliche Nutztemperatur zwischen den Blättern der Spaliersträucher und in den dichten Rasen der Polsterpflanzen den fünf- bis sechsfachen Betrag der gleichzeitigen Lufttemperatur erreichte. Diese Verhältnisse erklären den vorherrschenden Zwerg- und Spalierwuchs der arktischen Pflanzenwelt, wie auch die oberflächliche Entwicklung ihres Wurzelsystems.

Auch im Hochgebirge zeigen sich ähnliche, wenn nicht noch größere Unterschiede. Währenddem die Differenz zwischen der Temperatur im Schatten und der Temperatur in der Sonne am Meeresniveau (Witby, England bei 20 m) nur 5·1° C erreicht, beträgt sie bei Pontresina (1800 m) schon 17·5° C und auf der Diavolezza (2980 m) volle 53·5° C.

Aus all diesen Tatsachen dürfen wir wohl den Schluß ziehen, daß es auf der Erde keine Gebiete geben dürfte, wo infolge zu geringer Wärme höheres Pflanzenleben absolut ausgeschlossen wäre.

Um so befremdender waren daher die Ergebnisse der neuesten internationalen Südpolarforschung (1901–1909), die uns von einem gewaltigen antarktischen Kontinent berichten, von dem bisher aber keine einzige Blütenpflanze bekannt geworden ist.

Bis zur Expedition des Norwegers *Borchgrevink* (1898–1900) galt die Antarktis sogar für völlig vegetationslos. Zwischen Cap Adare (71° 20′ S.) und Geikie-Land

(71° 40′ S.) sammelte dieser Forscher jedoch einige Flechten und Algen sowie je ein Moos und einen Wasserpilz. Die zweite englische Südpolarexpedition unter Marineleutnant *Shackleton* fand einige Moose, Flechten und mehrere eigenartige Algen, die auf der vulkanischen Erde wuchsen; dies ist, neben einer Anzahl Schwämme, das einzige Anzeichen einer Erdvegetation dieser Breitenzone.

Das Auffinden von Kohlen und von Pflanzenabdrücken lehrt, daß auch dieses Land einst mit Vegetation bedeckt war, doch muß die Vereisung den „Kontinent des eisigen Südens" zeitweise mit seinem weißen Leichentuch ganz bedeckt haben, denn wo auch das Land jetzt eisfrei ist, da sprechen Moränen- und Rundhöckerlandschaften von der ehemaligen Vergletscherung. In dieser Zeit muß die höhere Pflanzenwelt zugrunde gegangen sein, denn sie konnte nicht, wie die arktische Vegetation, sich nach begünstigteren Erdstrichen zurückziehen, um von diesen Refugien aus nach dem Rückgang des Eises das verödete Land neuerdings zu besiedeln. Auf ihrer gesamten Rückzugslinie begegnete die präglaziale antarktische Flora einer unüberwindlichen Schranke: einem tiefen, sich beinahe überall über 20 und mehr Breitegrade erstreckenden Weltmeere. Es sind also nicht thermische, sondern wohl eher erdgeschichtliche Momente, welche die Verödung des antarktischen Kontinentes verursacht haben.

Die Feuchtigkeit

Ohne Wasser kein Leben! Mit *Diels* stimmen wir völlig überein, wenn er sagt: „Das Wasser entscheidet in der Pflanzenwelt am mächtigsten über die Daseins-

möglichkeit des Organismus. Es prägt ihm seine Gestaltung auf und ist der wesentlichste Faktor, der ihm seinen Wohnsitz auf der Erde anweist und abgrenzt.“ In dieser Hinsicht kommt dem Wasser womöglich noch die größere Bedeutung zu als der Wärme. Unter den auf das Pflanzenleben einwirkenden Kräften ist aber wohl keine so klar wie die der Wasserökonomie.

Feuchtigkeit und Wärme sind daher die beiden Hauptfaktoren, welche, wenigstens in den Hauptzügen, die Verteilung der Pflanzen über die Erdoberfläche in allererster Linie bestimmen. Den anderen Faktoren kommt dagegen vorwiegend eine mehr sekundäre Bedeutung zu.

In seiner „Géographie botanique raisonnée“ hat *de Candolle* (1855) zum erstenmal den Versuch gemacht, auf Grund der Wärme- und Feuchtigkeitsmengen, die den Pflanzen in den verschiedenen Gebieten der Erde zur Verfügung stehen, eine pflanzengeographisch-physiologische Einteilung der Erde durchzuführen. Er unterscheidet sechs Gebiete.

1. Die Hydromegathermen umfassen die Länder mit hoher Wärme (Jahresmittel 20° C und mehr) und viel Feuchtigkeit; sie entsprechen in der Hauptsache den Urwaldgebieten der Tropenzone.

2. Die Xerophytengebiete oder vielleicht besser die „Xerothermen“ sind die regenarmen bis regenlosen, warmen oder heißen Trockengebiete, die in einer breiten, nur wenig unterbrochenen Zone, als Wüsten, Steppen und Savannen die Hydromegathermen im Norden und Süden begleiten.

3. Die Mesothermen. Es sind dies ziemlich beschränkte Länderstrecken der wärmer gemäßigten

und subtropischen Zone mit einer mittleren Jahreswärme von 15–20° C und abwechselnden Regen- und Trockenzeiten.

4. Die Mikrothermen gehören beinahe nur der nördlichen Hemisphäre an. Bei mäßiger Sommerwärme und einer winterlichen Unterbrechung der Vegetationsperiode sind die Niederschläge ziemlich gleichmäßig über das ganze Jahr verteilt. Es ist dies das Klima der sommergrünen Laubwälder und der Nadelhölzer.

5. Die Hekistothermen endlich umfassen die arktisch-antarktischen Gebiete und die Hochgebirgslandschaften der Erde; ausgezeichnet sind sie durch meist spärliche Niederschläge, strenge, lange Winter und sehr verkürzte, meist nur 2–3 Monate andauernde kühle Sommer. Es sind die Kältewüsten der Erde.

Dieses System stellt, wie sich schon aus dessen Nomenklatur ergibt, die Wärme in den Vordergrund. Die Ergebnisse der Biologie und Physiologie der letzten drei Dezennien haben aber mehr und mehr dazu geführt, der Wasserökonomie die größere Bedeutung zuzuschreiben.

In dieser Hinsicht ist die veränderte Beurteilung der arktischen Flora ein sehr lehrreiches Beispiel. Der hervorragende deutsche Pflanzengeograph *Grisebach* erörtert noch im I. Bd. seines 1872 erschienenen Werkes „Die Vegetation der Erde“ die arktische Flora ganz unter dem Gesichtspunkte des Kälteschutzes. Folgende Stelle ist bezeichnend: „Die auf das äußerste getriebene Benutzung der gespendeten Sommerwärme und der Schutz gegen die Kälte sind so sehr die überwiegenden Momente unter den Lebensbedingungen der arktischen Flora, daß

alle übrigen, Feuchtigkeit, bereite Nahrungsstoffe, angemessene physikalische Beschaffenheit des Erdreichs dagegen kaum in Betracht kommen." Weder der morphologische noch der anatomische Bau der Polarpflanze lassen aber diese Auffassung als berechtigt erscheinen. Vielmehr muß zugegeben werden, daß fast alle arktischen Pflanzen, ohne jegliche in die Augen fallenden Schutzmittel monatelang den größten Kältegraden ausgesetzt sind. Bei den geringen winterlichen Niederschlagsmengen und der äußerst ungleichen Verteilung des Schnees — eine Folge der heftigen Burane, die mit unerhörter Kraft über die Tundra dahinfahren, alle ebenen Flächen und Abhänge vom Schnee völlig entblößen, denselben aber in Flußtälern und muldenförmigen Depressionen in gewaltigen Mengen anhäufen — kann nicht einmal der Schneeschutz zugunsten der Kältetheorie ins Feld geführt werden. Der ausgesprochen xerophile Bau der arktischen Pflanzenwelt lehrt, daß diese Flora in hohem Maß den Stempel des Schutzes gegen die Vertrocknungsgefahren des arktischen Klimas trägt, und daß die ganze arktische Flora offenbar unter dem Gesichtspunkt des Trockenheitsschutzes und nicht unter dem des Kälteschutzes zu beurteilen ist.

Wie bei der Wärme, so ist auch bei der Feuchtigkeit die Verteilung der jährlichen Niederschlagsmenge von größter Wichtigkeit. Als Beispiel wählen wir den verschiedenen Vegetationscharakter der Flora Mitteleuropas und denjenigen der Mittelmeerländer. Als Ursache dieser Erscheinung wird gewöhnlich der angebliche große Unterschied in den Niederschlagsmengen beider Gebiete aufgeführt. Nun sind aber in vielen mediterranen Stationen die jährlichen

Niederschlagsmengen gar nicht so klein; sie nehmen allerdings sowohl nach Süden als auch nach Osten regelmäßig ab, doch weisen die einzelnen Beobachtungszentren oft noch recht ansehnliche Beträge auf: Barcelona 570 mm, Genua 1286 mm, Neapel 826 mm, Ragusa 1669 mm, Corfu 1359 mm, Smyrna 622 mm, Beirut 947 mm. Das sind Zahlen, die mit den landläufigen Anschauungen gar nicht stimmen wollen.

Fischer hat auf Grund eines sehr weitschichtigen Materials für das Mittelmeergebiet eine mittlere Regenmenge von 759·4 mm berechnet, ein Mittel, das sogar nicht unerheblich das jährliche Niederschlagsmittel von Deutschland übertrifft. Trotzdem besitzt der Grundstock der Flora Mitteleuropas ein viel saftigeres, frischeres Aussehen als die mediterrane Landschaft, so daß man gerne bereit ist, den auffallenden Unterschied auf einen Reichtum an Niederschlägen im Norden und einen entsprechenden Mangel im Süden zurückzuführen. Die Erscheinung erklärt sich aber nicht aus der absoluten Niederschlagsmenge, sondern aus deren jahreszeitlicher Verteilung. Gegenüber Mitteleuropa mit seinen Regen zu allen Jahreszeiten und seinen vorzugsweisen Sommerregen ist das Mittelmeergebiet, besonders in seinen südlichen Teilen, durch sommerliche Regenarmut oder sogar völlige Regenlosigkeit ausgezeichnet. Mit anderen Worten: gerade zur Zeit der größten Betriebswärme fehlt das notwendige Betriebswasser, ein naturgemäß für die Pflanzenwelt höchst ungünstiges Verhältnis, welches dieselbe nötigt, in dieser Periode ihre ganze Lebenstätigkeit auf ein Minimum herabzusetzen. Die größte Wärme und die ausgiebigste vege-

tative Tätigkeit fallen also nicht wie in Mitteleuropa zusammen. Die Zeit der größten Wärme wird infolge des Wassermangels zu einer Ruhezeit und die ganze Xerophilie der Mediterranflora ist eine Folgeerscheinung dieses Mißverhältnisses.

Die Richtigkeit dieser Auffassung wird durch die Tatsache bestätigt, daß überall da, wo genügend Wasser zur Verfügung steht, auch in den Mittelmeerländern, die Üppigkeit der Vegetation nicht hinter unseren Breiten zurücksteht, ja bei künstlicher Bewässerung sie sogar erheblich übertrifft.

Nur ausnahmsweise kommen die Wärmeverhältnisse, unter denen die Pflanzen leben, in deren Bau zum Ausdruck. So ist im Bauplan der Palme die Beschränkung dieses Typus auf die tropische und subtropische Zone begründet. Nur in diesen Gebieten darf der Baum es wagen, alles auf eine Karte zu setzen, denn mit der unverzweigten Säulenform der Palme ist die Ausbildung einer einzigen, mächtigen Endknospe verbunden. Die Krone der Palme bleibt stationär. In demselben Maß, als einzelne Blätter absterben, werden jeweilen wieder neue erzeugt, so daß der Wedelbestand sich immer ziemlich gleich bleibt. So wird eine vermehrte Festigkeit oder eine Vermehrung der Leitungsbahnen nicht notwendig, dafür ist aber die polare Ausbreitung der Palme in die gemäßigte Zone ausgeschlossen. Schon ein einziger kalter Winter kann das Absterben der Endknospe zur Folge haben. In Ermanglung von Ersatzknospen muß der Baum alsdann eingehen.

Gewöhnlich aber lassen sich die Wärmeverhältnisse des Wohnortes weder aus dem Bau noch aus der Entwicklung der Pflanze mit einiger Sicherheit feststellen.

Ganz anders macht sich dagegen die Wasserbilanz bemerkbar. Dem Pflanzengeographen wird es meistens nicht schwer fallen, aus dem morphologischen Aufbau oder doch wenigstens aus der anatomischen Struktur zwingende Rückschlüsse auf die Feuchtigkeitsverhältnisse des Erdenraumes, den die Pflanze im Naturzustand bewohnt, zu machen.

Bei den Wasserpflanzen ist die ganze Oberfläche Absorptionsorgan. Mit einer auffallend starken Oberflächenvergrößerung geht die Verkümmerung der mechanischen und leitenden Elemente Hand in Hand. Große, dünne, oft fein zerteilte, sub- oder emerse Spreiten charakterisieren diesen Typus, gleichgültig welcher Pflanzengruppe die einzelne Art auch angehören mag. Ihnen schließen sich die Hygrophyten an, Landpflanzen, die aber in einem stets mehr oder weniger nassen oder doch feuchten Boden bei gleichzeitig hoher Luftfeuchtigkeit leben. Starke Vergrößerung des dünnen Laubes, ungewöhnliche Vermehrung der Spaltöffnungen, deren oft exponierte Lage, zarte Epidermis und dünne, oft fast fehlende Cuticula sind für diese Lebensform bezeichnend. Die Mesophyten sind an einen mittleren Stand des Wasserverkehrs angepaßt, dementsprechend zeigt auch die Ausbildung der Vegetationsorgane alle Übergänge von den Hygrophyten zur folgenden Gruppe der Xerophyten, denjenigen Pflanzen, die mit den ihnen zur Verfügung stehenden spärlichen Wassermengen sehr haushälterisch umgehen müssen.

Die Xerophyten bilden eine der ausgeprägtesten und bestumgrenzten biologischen Gruppen, die vom Äquator bis zum Pol verbreitet ist. Fast alle Familien, ja sogar die meisten größeren Gattungen liefern Xerophyten,

indessen sehr oft nächstverwandte, aber andere Erdräume bewohnende Arten mesophytisch oder sogar hygrophytisch ausgebildet sind. Steppen, Wüsten-, Fels-, Hochgebirgs- und Polarflora liefern die schönsten Beispiele von Xerophyten.

Übrigens zeigt dieser Typus, wie kein zweiter, eine ungeahnte Formenfülle, bedingt durch die verschiedenen Prinzipien, die alle den einen Zweck verfolgen, die Wasserabgabe mit dem verfügbaren Wasservorrat im Gleichgewicht zu halten. In diesem Sinn wirken: gewaltige Vergrößerung des Wurzelsystems, Verkleinerung der transpirierenden Oberfläche, also Verkümmerung der Blattspreiten unter Ausbildung von Nadel- und Schuppenblättern; Übernahme der Assimilationstätigkeit durch den Stengel; auf diese Weise entstehen die Rutenpflanzen und die Dornsträucher, zuweilen kommt es zur Ausbildung der Kugelform oder doch zu Annäherungsformen. Weitere Anpassungseigentümlichkeiten der Xerophyten sind: Vermehrung der mechanischen Elemente, Verdickung der äußeren Epidermis, gewaltige Entwicklung der Cuticula, Ausbildung dichter Haarkleider, Wachsüberzüge, verborgene Lage und Ausbildung des Spaltöffnungsapparates usw. Bei periodischer Trockenheit kommt es öfters auch zur Anlage eines Wasserspeichergewebes oder gar eines eigentlichen Wasserreservoirs, wie dies für die Blatt- und Stammsucculenten so bezeichnend ist. Die Saftpflanzen bilden in ihren auffallendsten Typen, in ihren Säulen- und Kugelformen, das Wahrzeichen der extremsten Trockengebiete. Gattungen, die im System weit auseinanderstehen, werden unter dem Druck der eigenartigen Wasserökonomie dieser Gebiete zu isomorphen Gestalten umgeprägt.

Von *Schimper* ist endlich (1898) noch ein letzter Typus, die Tropophyten, die besonders der nördlich gemäßigten Zone angehören, aufgestellt worden. Es sind Gewächse, deren Existenzbedingungen je nach der Jahreszeit diejenigen von Hygrophyten oder von Xerophyten sind. Bei ihnen ist der Aufbau der ausdauernden Teile xerophil, derjenige der nur während der nassen Jahreszeit vorhandenen Organe dagegen hygrophil. So verhalten sich unsere laubwechselnden Holzpflanzen. Die einjährigen Pflanzen, die den für sie ungünstigen Teil des Jahres als Samen in einem latenten Lebensstadium zubringen, sind auch den Tropophyten zuzuzählen.

Im Gegensatz zur Arktis, die man als Kältewüste bezeichnen könnte, spielen jedoch die Einjährigen in den Wärmewüsten eine viel wichtigere Rolle. Sowohl in den Steppen- als in den Wüstengebieten ist der Prozentsatz der Einjährigen recht erheblich. Es sind das diejenigen Arten, die sich auf einen harten Kampf mit dem Wüstenklima nicht einlassen, sondern ihre ganze Vegetationstätigkeit auf die kurze Zeit zusammendrängen, in der Regen fällt, die aber beim Ausbleiben der Niederschläge zuweilen jedoch jahrelang nicht zur Entwicklung gelangen. Kommt es endlich einmal zu einem ergiebigen, warmen Regen oder zu einem kräftigen Taufall, so erfolgt das Erwachen der Vegetation förmlich explosionsartig. In extremen Trockengebieten können sogar Tau und Nebel für die Flora von größter Wichtigkeit werden. Von der Lybischen Wüste wird berichtet, daß die Entwicklung der zarten Frühjahrsvegetation absolut von den Taufällen abhängig ist.

Für die Wüstenbewohner sind Niederschläge irgend-

welcher Art immer ein Ereignis, das an ein Wunder grenzt. Gelegentliche Regenschauer werden bis in das Herz der Sahara verzeichnet. Wer je einmal einen solchen Regenguß erlebt hat, wird die ihm zuteil gewordene Überraschung nie mehr vergessen. Wie durch Zauberschlag verwandelt sich die trostlose Wüste plötzlich in ein irdisches Paradies. Der Reisende wird Zeuge, wie gleichsam aus dem Sande die Vegetation emporschießt. Einige Stunden genügen, um das Bild vollständig zu verändern. Eine Märchenwelt entsteht, sie ist allerdings nur von kurzer Dauer: wenige Stunden später ist wieder alles verschwunden. Unter der Einwirkung des Regens keimen die unzähligen kleinen Saatkörner, die durch den Wind mit dem Sande durch die ganze Wüste zerstreut worden sind; sie wachsen rasch empor, reifen neue Samen und sterben wieder ab. Die Sache hat so große Eile, daß das ganze Pflänzchen zuweilen nur aus zwei bis drei Blättchen und einer einzigen endständigen Blüte besteht. Es ist eine vergängliche Miniaturflora, deren einzelne Individuen meistens nur wenige Zentimeter Höhe erreichen, zuweilen sogar nur wenige Millimeter. Dafür aber ist ihre Individuenzahl oft geradezu rätselhaft. Der neuentstandene Same bleibt im Sande, um nach Jahren, wenn wieder einmal einer jener seltenen Regengüsse kommt, auf gleiche rasche Weise sich wieder zu entwickeln, zur ephemeren Wüstenflora beizutragen und ebenso rasch wieder unterzugehen. Doch das kurze Leben dieser Pflanzen entrollt ein wunderbares Bild. Gazellen weiden in Rudeln, bis die ewig sengende Sonne in wenigen Tagen alle Feuchtigkeit wieder aufgesaugt hat und die Wüste wieder zur Wüste wird.

Die Feuchtigkeitsverhältnisse bedingen aber nicht nur die allgemeinen Grundzüge im Pflanzenkleide der ganzen Erde. In jedem einzelnen Gebiet wird die Detailgliederung der Pflanzendecke wiederum hauptsächlich durch die Wasserökonomie der kleinen und kleinsten Raumeinheiten bestimmt. Dafür nur einige Beispiele:

In der Wüste sind es die größeren Depressionen, die bei Regengüssen als Wassersammelrinnen dienen und die auch in der Trockenzeit meistens etwas Grundwasser führen. Gegenüber den benachbarten Steinwüsten beherbergen sie eine erheblich reichere Vegetation, die sogar eine ganze Reihe von Bäumen aufweist. Die einzelnen Bäume nehmen sich in der baumlosen Umgebung höchst eigenartig aus, sie stehen oft kilometerweit auseinander und lassen schon aus der Ferne den mäanderartigen Verlauf des Oueds erkennen; *Rhus Oxyacantha Cav.* bildet Sträucher, die in der Trockenperiode ihr Laub abwerfen. Auch der wilde Ölbaum (*Olea europaea L.*) folgt im saharischen Atlas den Oueds, und wo der Grundwasserstand etwas höher steht, da stellen sich Dattelpalmen, Oleander und Tamarisken ein.

Nicht selten erfolgt eine Veränderung der Vegetation wegen wechselnden Wasserzuflusses auf sehr engbegrenztem Raum. Auf höheren Juraweiden erheben sich oft in großer Zahl Höcker von 1–2 m Höhe und 50 cm bis 2 m Länge. Es sind teils Maulwurfshaufen, teils von Vegetation überzogene Steine, teils indirekt entstanden durch das Weidevieh, das die Rinnen zwischen denselben durch das Auftreten beim Weiden immer mehr vertieft und deren Pflanzenbestand unberührt läßt. Wie

nun auch ihre Entstehungsgeschichte sein mag, immer sind diese Höcker von ihrer Umgebung durch größere Trockenheit ausgezeichnet; ihre Vegetation besteht aus derbem Ginster, aus Heidekraut und Thymian und kontrastiert in sehr auffälliger Weise mit der nächstbenachbarten saftigen Weideflora.

Endlich besitzt das Wasser noch eine weitere pflanzengeographische Aufgabe. Die mechanische Kraft des fließenden Wassers ist einer der Faktoren, welche die Ausbreitung der Arten über ihr ursprüngliches Areal vermittelt. Jeder Gebirgsbach bringt Sämereien von Oreophyten nach der Niederung. Die wilde Sihl bei Zürich verfrachtet Alpensamen bis ins Limmattal.

Im Kanton Tessin gestattet die Steilheit der Gehänge, verbunden mit der großen Feuchtigkeit, welche auch in den Tieflagen angetroffen wird, vielen Alpenpflanzen bis in unmittelbare Nähe der Seen (ca. 200 m Meereshöhe) herabzusteigen.

Dieselbe Erscheinung kehrt in allen Gebirgen wieder. Durch die Riesenströme Nordasiens werden südliche Steppenpflanzen bis in die Übergangstundra, das Grenzgebiet von Wald- und Baumwuchs, verschleppt und gesellen sich in der neuen Heimat zu typisch arktischen und silvestren Genossenschaften.

Doch muß man sich immerhin hüten, die Rolle der Gebirgsbäche als Verbreitungsmittel zu hoch einzuschätzen. Die Wanderlinien sind nur die schmalen Flußrinnen, in denen der junge Ansiedler durch die Erosionstätigkeit des Wassers und durch periodische Hochwasserzeiten in seiner Existenz stets gefährdet ist. Dem Versuch, sich außerhalb des Bereiches des fließenden Wassers auf sichereren Boden zu retten, stehen

andere Schwierigkeiten gegenüber, so daß die dauernde Angliederung der Ankömmlinge in die natürlichen Formationen, die sie in ihrer neuen Heimat antreffen, zu den Ausnahmen gehören.

Ein weiteres Transportmittel sind die Meeresströmungen. Doch ist auch hier der Prozentsatz der erfolgreichen Verfrachtungen verhältnismäßig klein, sei es, weil die Landungsküsten ein Klima aufweisen, das von demjenigen des Ursprunglandes zu sehr abweicht, sei es, weil die Keimfähigkeit der Samen durch das lange Verweilen im Meerwasser verloren gegangen ist. Berühmt sind eine Reihe von Fällen von Verbreitung pflanzlicher Produkte durch Meeresströmungen geworden. An den indischen Gestaden fand man die 10–15 kg schwere Seyschellen-Nuß schon seit Jahrhunderten angeschwemmt, indessen die Stammpflanze (*Lodoicea Sechellarum Labill.*) erst 1742 entdeckt worden ist. Am Strande Norwegens hat schon *v. Linné* tropische Samen gesammelt und ihre Zufuhr dem Golfstrom zugeschrieben. Auf diese Driftprodukte gründete bekanntlich einst *Columbus* seine Annahme, daß weit im Westen noch ein neuer Kontinent sein müsse. Die Jeannetteströmung führt jährlich aus den sibirischen Gewässern bedeutende Holzmengen an die Küste Grönlands. Die Kultur der Eskimos beruht großenteils auf dieser Holzzufuhr.

Die neuern Untersuchungen haben ergeben, daß beinahe nur Halophyten, besonders Strandpflanzen von Meeresströmungen mit Aussicht auf Erfolg verbreitet werden. Nach *Porsilds* Versuchen wird bei einer Reihe dieser Arten die Keimkraft durch Behandlung mit Meerwasser sogar gesteigert, indessen Pflanzen terres-

trer Vergesellschaftungen schon nach kurzer Zeit in starken Prozenten einen Rückgang der Keimfähigkeit bis zum völligen Keimverlust zeigen. Nach *Schimper* besitzen viele marine Strandpflanzen besondere Schwimmorgane in Form von Schwimmblasen oder eigenartigen Schwimmgeweben. Durch die Beobachtungen von verschiedenen Forschern ist erwiesen, daß viele Strandpflanzen innerhalb ihrer Klimazone und eines herrschenden Meeresströmungssystems eine sehr weite Verbreitung besitzen, die auf Drifttransport zurückzuführen ist.

Von fundamentaler Bedeutung ist in dieser Hinsicht die Neubesiedelung der Krakatauinsel in der Sundastraße. Diese Insel entstand im Jahre 1883 durch submarine Eruptionen und wurde schon 1886 von *Treub* besucht; er fand in der Driftzone neben Kryptogamen Keimlinge von 9 Blütenpflanzen, ferner Früchte und Samen von weiteren 7 Phanerogamen, welche alle der typischen Strandvegetation des Malaiischen Archipels entstammten. Zehn Jahre später (1897) ist die Insel neuerdings untersucht worden. Die Flora zeigte noch beinahe denselben Charakter, nur mit beträchtlich vermehrter Artenzahl. Damals waren 32 Arten, das heißt 60·39% der Phanerogamenflora durch Meeresströmungen der Insel zugeführt worden. Das Ergebnis einer dritten Untersuchung (April 1905) ist: die Strandpflanzen der neuen Krakatauflora sind vorwiegend durch die Meeresströmungen, die Binnlandpflanzen durch Vögel und Winde auf die Insel gebracht worden. Von der Gesamtzahl der Blütenpflanzen sind je nach der Art der Berechnung 39–72%, also jedenfalls die Hauptmasse durch die Meeresströmungen dorthin gekommen; die

Anemochoren sind mit 16–30%, die Zoochoren (durch Vögel) mit 10–19% vertreten.

Der Wind

Auf das Pflanzenleben wirkt der Wind zuweilen als fördernder, wohl häufiger aber als hemmender Faktor ein. Seine Wirksamkeit beruht zum Teil auf seiner Mission als Träger von Wärme oder Kälte, von Feuchtigkeit oder Trockenheit, die oft mit einer bestimmten Gesetzmäßigkeit von großen Entfernungen anderen Erdräumen zugeführt werden, zum Teil auch auf seiner mechanischen Leistungsfähigkeit. Diese erweist sich bald als eine Pflanzengestalt und Physiognomik der Landschaft beeinflussende Kraft, bald als sehr wichtiges Verbreitungsmittel von Frucht und Same.

Der Wüstengürtel Afrikas sendet im Sommer nach allen Richtungen G l u t w i n d e aus, so z. B. den heißen, trockenen Scirocco nach Italien und der Adria, den Leveche nach Südostspanien. In kurzer Zeit vermögen diese Winde die ganze Oliven- und Weinernte zu zerstören. Es wird berichtet, wie im August 1876 innerhalb 6 Stunden, zwischen Almeria und Malaga die Weinpflanzungen wenige Wochen vor der Weinlese völlig vernichtet wurden, „das Weinlaub sah nach dem Passieren des Windes so aus, als ob man es mit siedendem Wasser begossen hätte."

In den Alpentälern übt dagegen der warme, fast stets von Regengüssen gefolgte F ö h n auf die Vegetation einen sehr günstigen Einfluß aus. Die Hauptföhnstraßen der nördlichen Abdachung der Alpen sind durch eine Reihe südlicher Arten, die der Alpenbotaniker ge-

radezu als „Föhnpflanzen“ bezeichnet, charakterisiert. Auch die Arktis hat ihren Föhn. Seine hohen Temperaturen bewirken ein frühzeitigeres Abschmelzen von Schnee und Eis und damit eine Verlängerung der Vegetationsperiode. Daher sind innerhalb der Arktis p o l a r e F ö h n g e b i e t e in derselben Weise begünstigt wie unsere See- und Föhnzone gegenüber dem übrigen schweizerischen Mittelland. Diese Föhne vermögen gelegentlich mitten im Winter die Temperatur von $-44°$ auf $+2°$ C zu heben. Während meines Sommeraufenthaltes auf der Insel Disko in Nordgrönland (1908) wehte der Föhn öfters. An fünf aufeinanderfolgenden Tagen notierte ich Temperaturen von 16–20° C. Die bevorzugte Lage der Küstengebiete Nordwestgrönlands dürfte wenigstens zum Teil auf den zuweilen wochenlang herrschenden grönländischen Föhn zurückzuführen sein. Ähnliche föhnartige Winde werden auch von Alaska und Ostasien angegeben.

Da die Geschwindigkeit des Windes und damit dessen Kraft mit steigender Entfernung vom Boden zunimmt, muß sich dessen Wirkung hauptsächlich am Baum und Strauch bemerkbar machen. An flachen, windoffenen Küstenländern und auf ebenen ozeanischen Inseln ist der Baumwuchs daher nahezu ausgeschlossen. Der Baum wird zum Strauch, der Strauch nimmt eine dem Boden angeschmiegte Spalierform an. Stellt sich aber dem vorherrschenden Wind irgend ein Hindernis entgegen: eine kleine Terrainwelle, ein Dünenzug oder eine Talfurche, so vermögen in solchem Windschutz die Holzgewächse sich wieder zu stattlichen Höhen zu erheben und ihre Kronen normal zu entfalten. Besonders instruktiv sind diejenigen Fälle, wo nur ein teilweiser

Windschutz vorhanden ist. Der geschützte Teil ist alsdann regelmäßig entwickelt, indessen alle über den schützenden Wall herausragenden Äste und Zweige „Windform" angenommen haben.

Von pflanzengeographischer Bedeutung wird aber der Windschutz ganz besonders in denjenigen Gebieten, wo der Baumwuchs in der Nähe einer unüberschreitbaren Grenzlinie angelegt ist, so z. B. im Gebiet der subarktischen Wald- und Baumgrenze. Schon lange bevor die Waldgrenze erreicht ist, macht sich ihre allmähliche Annäherung dadurch bemerkbar, daß der Baumwuchs vor jedem noch so niederen Höhenzug zurückbleibt. So entspricht im nordischen Pionierwald jeder Hügel, jede unbedeutende Erhebung einer Tundrainsel. Und liegt die zusammenhängende Waldgrenze hinter uns, so gelangt nun die Tundra zur Vorherrschaft; doch im Windschutz der Hügelkette läßt sich nicht selten ein mehr oder weniger breiter, zungenförmig vorgezogener Waldstreifen noch weit nach Norden verfolgen.

Windschutz gewähren in diesen Breiten auch noch die Erosionsfurchen der großen Flußtäler. Jeder einzelne der nach Norden gerichteten Kontinentalströme bewirkt in Nordasien einen erfolgreichen nördlichen Vorstoß der Baumgrenze. Neben dem relativen Windschutz, verglichen mit der offenen windgepeitschten Tundra, wirken noch drei weitere Momente zusammen, um in diesen Flußtälern ein in mancher Hinsicht begünstigtes Lokalklima zu schaffen: 1. Das verhältnismäßig warme, aus südlichen Gegenden kommende Wasser, welches durch Ausstrahlung auch erwärmend auf das ganze Flußtal und dessen Umgebung wirken muß; 2. die rasche Entwässerung des Bodens an den Talhän-

gen und 3. die bei dem niederen Sonnenstand von den Talseiten gegenüber der flachen Tundra reichlicher absorbierte Wärmemenge. Die beiden letzteren Faktoren und der Windschutz kommen jedem eingeschnittenen Tal zu gut, auch dann, wenn dasselbe nach Westen, Osten oder sogar nach Süden gerichtet ist, so erklärt es sich, daß von den Hauptstromtälern der Wald in die kleineren Nebentäler vordringt oder sich in ihnen öfters vom Waldgebiet losgelöste Waldinseln vorfinden. Es ist also der durch die Topographie bedingte Windschutz, welchem die Detailgestaltung der sehr unregelmässig verlaufenden Grenzlinie der subarktischen Wald- und Baumgrenze hauptsächlich zuzuschreiben ist. Schon *v. Middendorff* hat die Bedeutung des Windes für den Baumwuchs erkannt. In seinem großen Werke „Reise in den äußersten Norden und Osten Sibiriens" sagt er: „Ich wage sogar auszusprechen, daß im Hochnorden ein günstig gestalteter Windschutz von vielfach größerer Bedeutung ist als die geographische Breite oder die Höhenlage über dem Meere. Ein Windschutz von wenigen Klaftern Höhe fördert dort den Baumwuchs mehr als 50–100.000 Klafter minder nördlicher Lage des Ortes."

Im Gegensatz zu diesem Verhalten des Waldes im hohen Norden kann man in den Alpen beobachten, daß die vorgeschobensten Bäume sehr oft auf Gräten, Felskanten und steilen Felsriffen anzutreffen sind, indessen in den dazwischen liegenden und tiefer gelegenen Mulden, Abhängen und Hochflächen längst kein Baumwuchs mehr auftritt. Der scheinbare Widerspruch findet seine Erklärung einerseits in der Tatsache, daß unsere alpine Baumgrenze eben keine natürliche, sondern eine ausge-

sprochen wirtschaftliche Depressionsgrenze ist, andrerseits liegt in den Mulden öfters der Schnee so lange, daß dadurch für den Baumwuchs die Vegetationsperiode zu sehr verkürzt wird.

In Gebieten mit einseitig vorherrschenden Winden von mittlerer bis bedeutender Stärke kommt es zur Ausbildung von Windformen. Als gestaltumformende Faktoren sind bei Baumstämmen hauptsächlich Druckwirkung, bei wachsenden Zweigen Zug und bei den Blättern und jungen Achsen gesteigerte Transpiration maßgebend. Alle diese Veränderungen bewegen sich in ihrer Gesamtwirkung nach einer Richtung hin: Die normale Wachstumsrichtung wird stets nach der herrschenden Windrichtung abgelenkt. Dies zeigt sich in der Kipplage der Bäume, in einseitig windfahnenartiger Ausbildung der Kronen, usw.

Pflanzengeographisch spielt endlich der Wind bei einer großen Anzahl von Pflanzen teils die Rolle eines Bestäubungsvermittlers, teils diejenige eines wichtigen Verbreitungsmittels von Same und Frucht.

Die honiglosen, unscheinbaren Windblütler oder anemophilen Pflanzen sind in größerem Prozentsatz vorwiegend an windexponierten Örtlichkeiten anzutreffen, so ganz besonders auf niederen ozeanischen Inseln. In den Gebirgen scheint dagegen die Zahl der Anemogamen mit der Höhe eher abzunehmen.

Das mitteleuropäische Tiefland weist 79·5% Insektenblütler, 21·5% Windblütler auf. Der hohe Norden dagegen eine viel größere Zahl von Anemogamen, nämlich auf Grönland 34·5%, Spitzbergen 37% und Island 38%.

Das Maximum an Windblütlern wird aber von den

Inselfloren erreicht: die nordfriesischen Inseln besitzen 36·25%, die Halligen sogar 47·3% Anemogamen. Von ganz besonderem Interesse sind in dieser Hinsicht jedoch die Kerguelen. Die ca. 25 bekannt gewordenen Blütenpflanzen dieser Inselgruppe sind alle anemophil. Der Kerguelenkohl (*Pringlea antiscorbutica*), obwohl der entomophilen Familie der Kreuzblütler angehörig, ist zur Windblütigkeit zurückgekehrt und die wenigen Insekten zeigen alle verkümmerte Flugorgane.

Viele Arten besitzen Samen oder Früchte, deren Aufbau erkennen läßt, daß dieselben durch Windtransport verbreitet werden. Die zu verfrachtenden Keime sind bald staubartig klein (*Farne*, *Orchideen*), oder sie sind mit allerlei Oberflächenvergrößerungen versehen, durch die einerseits das spezifische Gewicht herabgesetzt, anderseits die Angriffsfläche des Windes vergrößert wird. Wir erinnern an die mit Federkronen ausgestatteten Achänien der Compositen. Flügel kommen sowohl bei Samen (*Birke*, *Föhre*, *Tanne*) als bei Früchten (*Ahorn*, *Esche*) vor, oder es sind Hochblätter (*Tilia*, *Carpinus*), die als Flugapparate dienen. Nach *Dinglers* Untersuchungen wird durch solche Flugeinrichtungen die Fallgeschwindigkeit bis um das Achtfache vermindert. In Steppen- und Wüstengebieten werden auch ganze fruchttragende Pflanzenstöcke vom Winde entwurzelt und als sog. „Steppenläufer" fortgeführt. Bekannt ist in dieser Hinsicht *Amarantus albus*. Der Biologe bezeichnet Pflanzen, die durch Windtransport verbreitet werden, als Anemochoren. Nach *Vogler* ist in den Alpen der Prozentsatz der anemochoren Arten über der Baumgrenze bedeutend größer als unter derselben.

Ein lang umstrittenes Problem war die Frage der Art

und Weise des Windtransportes; ob derselbe nur in kleinen Etappen, gewissermaßen schrittweise vor sich geht, oder ob innerhalb kürzerer Zeit auch Verschleppungen über große Entfernungen vorkommen.

Zunächst muß betont werden, daß das Vorkommen von Flugeinrichtungen auf das Vorherrschen schwächerer, aber regelmäßiger Winde hindeutet. Bei großer Windstärke werden auch relativ schwere Samen, die keinerlei Flugmechanismen aufweisen, transportiert. In Anbetracht dieser Tatsache wäre eine Studie, ob in Gebieten mit häufigen orkanartigen Winden die Flugvorrichtungen nicht vielleicht spärlicher entwickelt sind als in Gegenden mit schwachen Luftströmungen, von besonderem Interesse. So viel mir bekannt, liegen speziell über dieses Thema keine Arbeiten vor.

Ein kleiner Vorfall aus dem Jahre 1903 zeigt, wie bei der Beurteilung der Verbreitung von Blättern durch den Wind größte Vorsicht geboten ist. Bei der Überschreitung der vorderen Furka fanden wir in einer Höhe von 2300 m Buchenblätter. Da die obersten Buchen im Gebiet sich in der Nähe der Ausmündung des Val Campo befinden, schlossen wir auf einen Windtransport von reichlich 9 km und über eine Höhendifferenz von 1200 m. Am folgenden Tag begegnete uns aber beim Abstieg ein Mann, der einen Sack voll Buchenlaub trug, und der auf unsere Frage, wozu und wohin, zur Antwort gab: „Zum drufliege auf d' Alp." Damit schrumpfte der vermeintliche große Windtransport auf kaum 1·5 km zusammen, und wie leicht dürfte nicht an den rauhen Kleidern der Sennen das Laub weiter verschleppt werden, so daß schließlich für den eigentlichen Windtransport recht wenig übrig bleibt.

Damit soll nun keineswegs gesagt sein, daß Windverfrachtung auf große Entfernungen überhaupt nicht vorkommt. In dieser Beziehung verweisen wir auf die Studie von *Treub* über die Neubesiedelung der Krakatauinsel. Die ersten Ansiedler unter den Gefäßpflanzen waren Farne, Compositen, Gräser, alles anemochore Arten, deren Keime wenigstens aus einer Entfernung von 30 km durch Luftströmungen zugeführt worden waren.

Auch aus der Arktis liegen mir mehrere zuverlässige Angaben über Windtransport auf größere Entfernungen vor. Anfangs November 1869 befanden sich die Hansaleute etwa 8 Seemeilen (ca. 15 km) vor der Liverpoolküste Ostgrönlands, als sie auf dem nach Süden driftenden Eisfeld eine Anzahl kleiner weidenähnlicher Blätter bemerkten, die nur durch den Wind vom Land hierher gelangt sein konnten. Und von der Westseite vom König Oskarland bei nahezu 78° N. berichtet *Sverdrup:* Wir befanden uns auf dem Meereis. Überall lagen Blätter und Grashalme verstreut, auf der ganzen Fahrt fjordwärts flogen Pflanzenteile in der Luft herum. Der Wind stand quer auf unserem Weg und in den Schlittenspuren häuften sich die Blätter so dicht, daß die Geleise wie dunkle Streifen aussahen.

CHEMIE

Eigenschaften der Materie. — Synthese, Analyse. — Sauerstoff. — Säuren und Laugen.

Die Veränderungen, denen die Körper durch den Einfluß der Naturkräfte unterliegen, sind:

Physikalische, wenn bei ihnen, nachdem die Kraft zu wirken aufgehört hat, der Körper in seiner Zusammensetzung n i c h t geändert ist;

Chemische, wenn durch die Einwirkung der Kraft neue Körper mit neuen Eigenschaften entstanden sind.

Daraus, daß wir von „Körpern" geredet haben, können Sie schon ersehen, daß die Chemie aufs innigste mit der „Materie" verwachsen ist, und wir wollen deshalb, wenigstens die Haupteigenschaften der „Materie" feststellen. —

Materie nennen wir alles, was einen Raum einnimmt; also alle „Stoffe", seien sie nun fest, flüssig oder gasförmig. Das wichtigste Gesetz über die Materie sagt aus, daß „alle Materie unzerstörbar ist" — mit anderen Worten: nichts auf der Welt kann verloren gehen. Aus diesem Gesetz folgt, daß bei der Verbrennung nichts verschwinden kann, sondern daß, wenn wir den Rauch und die Asche sorgfältig sammeln, wir aus ihm genau soviel „Materie" erhalten müssen, wie wir ursprünglich verbrannten. Unser Gesetz läßt aber auch noch eine weitere wichtige Folgerung zu. Wenn nämlich die Materie unzerstörbar ist, dann kann auch die Gesamt-

menge der im ganzen Weltraum verteilten Materie niemals kleiner oder größer werden: „Die Summe aller im Weltraum vorhandenen Materie war, ist und bleibt konstant."

Aus unserer Definition: „Materie ist alles, was einen Raum einnimmt" ergibt sich ohne weiteres ein zweites wichtiges Gesetz, das heißt: „Die Materie ist undurchdringbar." Mit anderen Worten: in einem Raum, in dem schon Materie — also z. B. Wasser oder Luft — enthalten ist, kann nicht auch noch andere Materie vorhanden sein.

Allgemeiner bekannt als die Eigenschaften, die wir soeben an der Materie festgestellt haben, ist die Tatsache, daß die Materie „Gewicht" hat.

Erklären wir uns zunächst, was „Gewicht" ist. Sie haben alle schon von der Schwerkraft reden hören, jener Kraft, die bewirkt, daß ein in der Luft losgelassener Körper nicht einfach schwebt, sondern zur Erde fällt. Vor genauer Kenntnis der Verhältnisse nahm man an, daß diese Anziehungskraft nur eine Eigenschaft der Erde wäre. Später erkannte man aber, daß überhaupt alle Körper Anziehungskräfte aufeinander ausüben, die im allgemeinen proportional ihrer Größe (Masse) sind. Die Anziehungskraft der Erde erkennen wir nicht nur daran, daß ein freigelassener Körper fällt, sondern auch daran, daß er in der Ruhe einen Druck auf seine Unterlage ausübt. Wir nennen also zunächst einmal „Gewicht" den Druck, den ein liegender, oder den Zug, den ein hängender Körper auf den Gegenstand ausübt, auf dem er liegt oder an dem er hängt. Die Größe dieses Druckes (oder Zuges) hängt nun von drei Faktoren ab: erstens von der Größe der Körper;

ein Körper, der doppelt so groß ist wie ein anderer von demselben Stoffe, wird auch das doppelte Gewicht haben. Zweitens: von der Art des Stoffes, aus dem die Körper bestehen; eine gewisse Menge Quecksilber wiegt über $13\frac{1}{2}$ mal so viel wie eine gleiche Menge Wasser. Drittens: von der Größe der Kraft, mit der die Erde alle Körper anzieht. Der erste Fall ist ohne weiteres einleuchtend, wenn wir uns vorstellen, daß alle Körper zusammengesetzt sind aus kleinsten Teilchen, deren jedes mit genau der gleichen Stärke von der Erde angezogen wird. Diese Stärke, multipliziert mit der Anzahl der vorhandenen Teilchen, ist eben das Gewicht des betreffenden Körpers. Nehmen wir an, ein Körper enthalte m Teilchen und werde mit der Kraft g von der Erde angezogen, dann ist sein Gewicht p

$$p = m \cdot g.$$

Verdoppeln wir die Masse des Körpers, indem wir eine doppelt so große Menge desselben Stoffes anwenden, dann wirkt die Anziehungskraft g nun auch auf die doppelte Anzahl Teilchen ein, und wir erhalten infolgedessen auch das doppelte Gewicht, denn p ist jetzt

$$p = 2\, m \cdot g.$$

Der zweite Fall, nämlich daß Körper aus verschiedenem Stoff trotz gleichen Volumens (gleicher Masse) verschiedenes Gewicht haben, kann infolge zweier Ursachen zustande kommen. Entweder: die verschiedenen Stoffe enthalten im gleichen Volumen eine verschiedene Anzahl kleinster Teilchen. (Dann müßte also ein gewisses Volumen Quecksilber $13\frac{1}{2}$ mal so viel Teilchen enthalten wie ein gleiches Volumen Wasser.) Oder: die kleinsten Teilchen müssen bei ver-

schiedenen Stoffen verschiedenes Gewicht haben. (Diese Annahme wird sich uns später durch das „Atomgewicht“ bestätigen.) Bei festen und flüssigen Körpern spielen beide Ursachen mit, während man bei gasförmigen annimmt, daß alle Gase in gleichen Volumen die gleiche Anzahl kleinster Teilchen enthalten, so daß also bei ihnen der Gewichtsunterschied gleicher Mengen verschiedener Gase nur durch die Annahme eines verschiedenen Gewichts der kleinsten Teilchen erklärt werden kann. Die Zahl, die uns angibt, wieviel mal schwerer ein gewisses Volumen eines Körpers ist als ein gleich großes Volumen Wasser, nennt man sein spezifisches Gewicht. Meistens bezieht man die spezifischen Gewichte auf das Volumen eines Kubikzentimeters Wasser; diese Menge bildet, wie wir gleich sehen werden, nicht nur die „Masseneinheit“, sondern, unter bestimmten Voraussetzungen, auch die „Gewichtseinheit.“ Man nennt dann das Gewicht eines Kubikzentimeters Wasser „1 Gramm“. Da uns nun das spezifische Gewicht sagt, um wie viel schwerer ein Kubikzentimeter eines Stoffes ist als ein Kubikzentimeter Wasser (der 1 Gramm wiegt), so gibt uns das spez. Gewicht direkt an, wieviel Gramm ein Kubikzentimeter des betreffenden Stoffes wiegt.

Wie groß die Unterschiede in den spezifischen Gewichten einzelner Stoffe sind, erhellt z. B. aus folgenden Zahlen:

Wasser	1,00
Aluminium	2,58
Eisen	7,88
Blei	11,34
Quecksilber	13,60
Gold	19,32
Platin	21,48

Man unterscheidet in der Chemie zwei große Hauptzweige: die aus einfachen Körpern kompliziertere aufbauende „synthetische“ und die aus komplizierten Körpern einfache isolierende „analytische“ Chemie. Es gibt aber eine ganze Reihe von Stoffen, aus denen auch der geübteste analytische Chemiker mit unseren heutigen Hilfsmitteln keine einfacheren Bestandteile mehr abscheiden könnte. Diese Stoffe nennt man Grundstoffe oder Elemente. Zu ihnen gehören u. a. der Kohlenstoff und sämtliche Metalle. Im ganzen kennt man etwa 90 Elemente. Die vier den Alten bekannten „Elemente“ haben der modernen Chemie nicht standgehalten. Heute ist es uns z. B. ein leichtes, das Wasser in zwei einfachere Teile zu spalten, nämlich in zwei Gase, den Wasserstoff und den Sauerstoff. Es gelingt uns dies mit Hilfe der Elektrizität. Sie sehen hier eine mit Wasser halb gefüllte Flasche. (Fig. 10.) Damit die Flüssigkeit die Elektrizität besser leitet, enthält sie noch einige Tropfen Schwefelsäure. Durch den auf der Flasche sitzenden Stopfen führen wir zwei zur Stromzuleitung dienende Drähte, an denen je ein kleines Stückchen Platinblech befestigt ist, in die Flüssigkeit. Wenn der Strom geschlossen wird, sehen Sie, wie sich sofort an den in die Flüssigkeit tauchenden Blechen reichlich kleine Gasbläschen entwickeln, an dem positiven Pol Sauerstoff, an dem

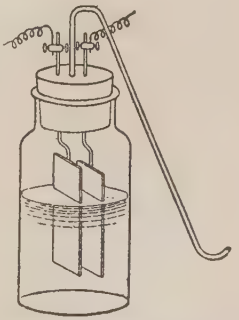


Fig. 10. Zersetzung des Wassers durch Elektrizität.

negativen Wasserstoff. Wenden wir uns nun zu den Eigenschaften des ersten Elementes, das wir genauer betrachten wollen, des Sauerstoffs, so ist wohl das auffallendste, daß es ein völlig farb-, geruch- und geschmackloses Gas, d. h. also für gewöhnlich überhaupt nicht bemerkbar ist. Es gibt aber ein einfaches Mittel, um das Vorhandensein reinen Sauerstoffs nachzuweisen. Sie sehen hier einen mit diesem Gas gefüllten, anscheinend leeren Zylinder. Ich entzünde jetzt einen Holzspan, blase ihn sofort wieder aus und tauche ihn noch glimmend in den Zylinder. Der glimmende Span flammt sogleich wieder auf und brennt mit viel hellerer Flamme als früher weiter. Wenn wir aus diesem Verhalten des Spanes den Schluß ziehen, daß Sauerstoffgas äußerst energisch die Verbrennung unterhält, so haben wir damit eine der charakteristischsten Eigenschaften des Sauerstoffs erwähnt. Tatsächlich ist er zu dem Vorgang, den wir gewöhnlich unter Verbrennung verstehen, unentbehrlich. Er ist eines der auf der Erde am häufigsten vorkommenden Elemente, da er zu 22% in der Luft und zu 88% im Wasser enthalten ist. Um Ihnen zu zeigen, wie außerordentlich lebhaft die Verbrennung in reinem Sauerstoff verläuft, habe ich hier einen mit dem Gase gefüllten Zylinder aufgestellt, in dem ich jetzt ein Stückchen Schwefel verbrennen werde. Ich lege zunächst den Schwefel in ein an einem langen Draht befestigtes Löffelchen (sog. Verbrennungslöffel). Ich senke jetzt den Löffel mit dem brennenden Schwefel in den Zylinder, und sofort verbrennt er sehr rasch und mit prachtvoll blau glänzender Flamme. (Fig. 11.)

Denselben Versuch stelle ich auch noch mit einem

kleinen Stückchen Phosphor an, das ebenfalls äußerst lebhaft verbrennt.

Mittels des Sauerstoffs können wir auch solche Stoffe, die unter normalen Umständen nicht verbrennen, zur Verbrennung bringen. Sie sehen hier eine spiralig aufgewundene feine Uhrfeder. Um sie bequem in den Zylinder hängen zu können, ist sie mit ihrem oberen Ende an einer Pappdeckelscheibe befestigt. Am anderen Ende trägt sie ein kleines Stückchen Zündschwamm, das dazu dient, die Verbrennung einzuleiten. Ich bringe den Schwamm zum Glimmen und senke die ganze Vorrichtung in Sauerstoff. Sie bemerken nun, wie sich auch die Uhrfeder entzündet und vollständig verbrennt.

Fig. 11. Verbrennung von Schwefel in Sauerstoff.

Überlegen wir zunächst, was aus dem Schwefel geworden ist, den wir vorhin verbrannten.

Daß er nicht einfach verschwunden ist, ist klar; denn wir haben ja schon zu Anfang feststellen können, daß die Materie unzerstörbar ist. Was ist aber aus ihm geworden? Im Innern des Zylinders ist keine Spur eines festen oder flüssigen Körpers zu entdecken. Da wir jedoch schon wissen, daß irgendetwas an seine Stelle getreten sein muß, so werden wir nicht fehl gehen, wenn wir annehmen, daß dieses Etwas ein G a s ist, das wir natürlich nicht sehen können. Untersuchen wir also einmal dieses Gas mit unserem glimmenden Holzspan; wie Sie sehen, erlischt er. Sauerstoff ist also das neue Gas keinesfalls. Da aber Sauerstoff v o r der Verbrennung vorhanden war, so bleibt als einzige Mög-

lichkeit, daß er sich mit dem Schwefel vereinigt und mit ihm dieses Gas gebildet hat, das demnach aus Sauerstoff und Schwefel bestehen müßte. Eine Analyse gibt dieser Annahme Recht; denn wir können das neue Gas ohne sonderliche Mühe in seine beiden Bestandteile Schwefel und Sauerstoff zerlegen. Sie werden ja bei der Verbrennung wohl alle den dichten weißen Rauch bemerkt haben; der bestand aus einer Unzahl kleiner weißer Partikelchen, die nun in der Zwischenzeit Wasser aus der stets mehr oder weniger feuchten Luft angezogen haben. Dadurch hat sich die kleine Menge Flüssigkeit gebildet, die sich auf dem Boden des Zylinders angesammelt hat. Bei dem Eisen, aus dem die Uhrfeder bestand, würden Sie wiederum finden können, daß es sich mit Sauerstoff verbunden hat. So können wir nun ganz allgemein sagen: bei jeder Verbrennung ist das Wesentliche, daß sich der verbrennende Körper mit Sauerstoff verbindet. Diese Verbindung mit Sauerstoff braucht nicht immer so rasch und heftig vor sich zu gehen, wie wir es hier gesehen haben. Es gibt eine ganze Anzahl Stoffe — vornehmlich sind es Metalle —, die durch bloßes Liegen an der Luft l a n g s a m Sauerstoff aufnehmen, z. B. das Eisen, das durch langsame Sauerstoffaufnahme verbrennt oder, wie wir gemeinhin sagen, „rostig wird". Als wir vorhin Eisen in Sauerstoff verbrannten, entstand natürlich auch Rost, nur viel rascher und vollständiger, als es auf natürlichem Wege der Fall gewesen wäre. Ein besonders wichtiges Beispiel einer langsamen Verbrennung lernen wir in der A t m u n g kennen.

Lassen Sie uns nun wieder zu unserem Verbrennungsprodukt des Schwefels zurückkehren. Ich will den

Zylinder, der das Gas enthält, zum vierten Teil mit Wasser füllen, ihn mit der Hand verschließen und kräftig schütteln. Sie können sehen, daß meine Hand ziemlich stark in den Zylinder hineingezogen wird. Das Gas ist also im Wasser in hohem Grade löslich. An der Lösung fällt uns zunächst ein sehr unangenehmer, stechender Geruch auf, den wir auch schon an dem Gase bemerken konnten. Ein Tropfen auf die Zunge gebracht würde uns weiter zeigen, daß die Flüssigkeit einen stark s a u r e n Geschmack besitzt. Das Bemerkenswerteste an der Sache ist nun, daß dieser saure Geschmack (und anderes, das wir später kennen lernen werden) erst dann entsteht, wenn das ursprüngliche Verbrennungsprodukt (beim Schwefel also das Gas) mit W a s s e r zusammenkommt. Wir haben uns also zu merken, daß das Wasser ein wesentlicher Bestandteil derjenigen Stoffe ist, die man eben wegen ihres sauren Geschmacks „S ä u r e n“ nennt; oder anders ausgedrückt: jede Säure können wir uns entstanden denken aus einem wasserfreien Stoff und Wasser. Weil der Sauerstoff das zur Bildung des wasserfreien Körpers und damit indirekt auch zur Bildung der Säure notwendige Element ist, deswegen eben nennt man ihn Sauerstoff, d. h. Stoff, der eine Säure bildet. Die wasserfreien Körper, aus denen die Säuren entstehen, nennt man „Anhydride“. Der Name des Elementes, durch dessen Vereinigung mit Sauerstoff sich das Anhydrid gebildet hat, wird vorausgesetzt. So spricht man also von Schwefligsäureanhydrid, durch dessen Vereinigung mit Wasser sich schweflige Säure bildet, und von Phosphorsäureanhydrid, das mit Wasser Phosphorsäure gibt. Das Eisen bildet wie die allermeisten Metalle eine Ausnahme von

diesem Verhalten. Zwar entstehen beim Verbrennen der Metalle auch Verbindungen mit Sauerstoff, also auch Anhydride, jedoch bilden diese bei der Vereinigung mit Wasser keine Säuren, sondern laugenhaft schmeckende Verbindungen, die man deshalb „Laugen" oder „Alkalien" nennt. Dieses Wort leitet sich ab von dem Metall Kalium, das eine sehr starke Lauge bildet. Wenn ich Ihnen nun noch sage, daß man die Verbindungen eines Elementes mit Sauerstoff (der auf lateinisch Oxygenium heißt) für gewöhnlich „Oxyde" und diese nur in den Fällen Anhydride nennt, in denen man auf ihre Beziehung zu den Säuren hinweisen will, so werden Sie über die wesentlichen Vorgänge bei der Verbrennung unterrichtet und sich jetzt auch darüber klar sein, welche Rolle der Sauerstoff dabei spielt.

Wir können also das Resultat unserer Betrachtungen dahin zusammenfassen, daß wir sagen: Das gasförmige Element Sauerstoff brennt zwar selbst nicht, bewirkt aber dadurch, daß es sich mit dem verbrennenden Körper zu einem neuen Körper verbindet, dessen Verbrennung. Diesen neuen Körper nennt man für gewöhnlich Oxyd; will man aber auf die Eigenschaft vieler Oxyde hinweisen, mit Wasser Säuren zu bilden, so nennt man sie Anhydride. Metalloxyde bilden mit Wasser in der Regel keine Säuren, sondern Laugen. Außerdem ist für die laugenbildenden Oxyde die Nebenbezeichnung Anhydrid ungebräuchlich.

Neutralisation — Atome, Moleküle. — Atomgewicht. — Molekulargewicht. — Ozon. — Wasserstoff. — Diffusion.

Zunächst muß ich Sie mit einem einfachen Mittel bekannt machen, Säuren von Laugen zu unterscheiden. Sie sehen hier ein Stückchen blaues Lackmuspapier. Ich halte es in ein Becherglas, in dem sich schweflige Säure befindet, und Sie bemerken wohl, daß es rot wird. Jede Säure besitzt die Eigenschaft, blaues Lackmuspapier zu röten, Laugen stellen andererseits bei solchem durch eine Säure geröteten Papier die ursprüngliche blaue Farbe wieder her, so daß wir in rotem und blauem Lackmuspapier ein einfaches und sicheres Mittel besitzen, um Säuren von Laugen zu unterscheiden. Substanzen, die rotes Lackmuspapier bläuen, nennt man „alkalisch reagierend", solche, die blaues röten, „sauer reagierend". „Lackmus", mit dem diese Papiere präpariert sind, ist ein Pflanzenfarbstoff, der aus einer Flechte gewonnen wird. Wie sich die Begriffe plus und minus gegenseitig aufheben, d. h. zusammen Null geben, so neutralisiert auch eine Lauge eine Säure und umgekehrt. Wenn ich also z. B. Kalilauge (die rotes Lackmuspapier bläut) zu schwefliger Säure schütte (die blaues rötet), dann werde ich einmal einen Punkt erreichen, an dem weder blaues Papier gerötet, noch rotes gebläut wird; mit anderen Worten: die Flüssigkeit ist jetzt weder Lauge noch Säure, sondern „neutral". Die beiden Flüssigkeiten haben sich zu einem neuen Körper chemisch verbunden, und wenn Sie das überschüssige Wasser verdampfen, können Sie ihn in fester Form erhalten; er wird ein

„Salz“ genannt. Wie sollen wir uns nun diese „Verbindungen“ eigentlich vorstellen? Ich sagte Ihnen ja schon, daß sich der Chemiker jeden Stoff aus einer Unzahl kleinster Teilchen bestehend denkt. Diese kleinsten Teilchen, deren Annahme uns die einzige Möglichkeit gibt, die chemischen Vorgänge überhaupt zu erklären, nennt man „Atome“. Man spricht also von Schwefelatomen, Sauerstoffatomen usw. Die Atomtheorie ist bis jetzt nur von jedem Experiment bewiesen und noch von keinem widerlegt worden. Sie hat also einen sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich. Die Kenntnis der Atome gibt Ihnen nun ein Mittel, den Unterschied zwischen einem bloßen Gemenge verschiedener Stoffe und einer chemischen Verbindung sehr leicht einzusehen. Während Sie sich nämlich in einem Gemenge die einzelnen Atome frei nebeneinanderliegend denken müssen, haben sie sich in einer chemischen Verbindung zu einem mechanisch (d. h. durch Schütteln, Sieben oder ähnliches) nicht zu trennenden Komplex verbunden, den man „Molekül“ nennt. Unter Molekül versteht man also das kleinste, mechanisch nicht mehr trennbare Teilchen einer chemischen Verbindung. Es muß folglich stets aus mindestens zwei Atomen bestehen. Man kennt aber Fälle, wo über hundert Atome zu einer Art „Riesenmolekül“ vereinigt sind.

Wir verstehen also unter einem „Gemenge“ eine Mischung verschiedener Stoffe, in der aber jeder einzelne Bestandteil noch als solcher nachweisbar ist. Eine „chemische Verbindung“ entsteht dann, wenn die einzelnen Bestandteile unter Verlust ihrer speziellen charakteristischen Eigenschaften einen neuen Stoff bilden.

In welchen Mengen findet nun die chemische Vereinigung einzelner Elemente miteinander statt? Um das zu entscheiden, wollen wir einmal die Verbindung von Chlor und Wasserstoff zu Chlorwasserstoff betrachten. In 100 Teilen Chlorwasserstoff, sei er nun dargestellt auf welche Art er wolle, sind stets 97,24 Teile Chlor mit 2,76 Teilen Wasserstoff verbunden. Man kann also die Zahlen 97,24 und 2,76 als die „Verbindungsgewichte" von Chlor und Wasserstoff bezeichnen. Nun sind das aber Zahlen, die mit ihren beiden unbequemen Dezimalstellen recht schlecht zu handhaben sind. Man ist daher übereingekommen, das Verbindungsgewicht eines Elementes willkürlich gleich 1 zu setzen und die Verbindungsgewichte aller übrigen Elemente darauf zu beziehen. Als besonders geeignet dazu erschien der Wasserstoff, da man festgestellt hatte, daß Wasserstoff dasjenige Element ist, das stets in der geringsten Menge in seinen Verbindungen mit anderen Elementen vorkommt. Wenn ich nun weiß, daß bei der Vereinigung von Chlor und Wasserstoff auf 2,76 Teile Wasserstoff 97,24 Teile Chlor kommen, so kann ich mir leicht ausrechnen, daß dann einem Teil Wasserstoff nur 35,18 Teile Chlor entsprechen. Man nennt demnach die Zahl 35,18 das auf Wasserstoff als Einheit bezogene Verbindungsgewicht des Chlors. In ähnlicher Weise hat man auch die Verbindungsgewichte der anderen Elemente bestimmt. Es entsteht jetzt nur noch die Frage, was man anfängt, wenn ein Element gar keine Verbindung mit Wasserstoff bildet, wie es beispielsweise nahezu alle Metalle tun. In einem solchen Fall ist man gezwungen, das Verbindungsgewicht indirekt zu bestimmen. Das geschieht

auf folgende Weise: Denken Sie sich, wir beabsichtigten das Verbindungsgewicht des Kaliums zu bestimmen. Wir stellen nun durch eine Analyse fest, daß, wenn sich Kalium mit Chlor zu Chlorkalium verbindet, in 100 Teilen dieses Stoffes 52,49 Teile Kalium und 47,51 Teile Chlor enthalten sind. Da ich nun 52,49 nicht auf Wasserstoff beziehen kann, so beziehe ich es einfach auf das Chlor, indem ich dafür das auf Wasserstoff als Einheit bezogene Verbindungsgewicht des Chlors, nämlich 35,18, anwende. So bleibt uns jetzt nur noch die einfache Rechnung: wenn 47,51 Teile Chlor 52,49 Teilen Kalium entsprechen, so sind 35,18 Teile Chlor äquivalent (d. h. gleichwertig) 38,86 Teilen Kalium. 38,86 ist somit das (indirekt) auf Wasserstoff bezogene Verbindungsgewicht des Kaliums. Es hat sich gezeigt, daß sich die Gleichförmigkeit der Zusammensetzung chemischer Verbindungen am ungezwungensten durch die Annahme erklären läßt, daß die Verbindungsgewichte der einzelnen Elemente zugleich die relativen Gewichte ihrer Atome darstellen. Wir nehmen also an, daß ein Chloratom 35,18 mal so viel wiegt als ein Wasserstoffatom usw. Oft sagt man deshalb anstatt „Verbindungsgewichte“ „Atomgewichte“. Wo es nicht auf äußerste Genauigkeit ankommt, läßt man die Dezimalstellen der Atomgewichte einfach weg. Das Atomgewicht des Kaliums wird dann zu 39 abgerundet, Chlor ist 35, Schwefel 32 (genau 31,82), Eisen 56 (55,5) usw. Addiert man die Atomgewichte sämtlicher in einem Molekül einer chemischen Verbindung enthaltener Atome, dann erhält man das „Molekulargewicht“ der betreffenden Verbindung. Für Schwefeleisen ergibt sich so der Wert 88.

Wenn man Sauerstoff dem Einfluß elektrischer, am besten sogen. dunkler (d. h. ohne Funkenbildung vor sich gehender) Entladungen aussetzt, so kondensiert er sich dergestalt, daß drei Sauerstoffatome zu einem für sich beständigen Molekül zusammentreten, das den Namen „Ozon“ führt. Das Ozon besitzt nicht nur einen sehr heftigen Geruch, sondern ist überhaupt ein sehr energisch wirkender Körper; man kann sich vorstellen, daß sich in ihm die Eigenschaften des Sauerstoffs verstärkt vorfinden. Es hat demzufolge stark oxydirende Wirkungen, greift viele Metalle dadurch an, daß es sie in die entsprechenden Oxyde überführt, und besitzt die Fähigkeit, viele Farbstoffe und Pflanzenfasern zu bleichen. Die bleichenden Eigenschaften der Luft schreibt man ihrem wenn auch geringen Gehalt an Ozon zu. In reinem Zustand stellt das Ozon ein blaues Gas dar, das bei mehr als 100 Kältegraden zu einer dunkel indigoblauen Flüssigkeit verdichtet werden kann. Der Siedepunkt dieser Flüssigkeit liegt natürlich sehr niedrig, etwa bei 120° unter Null. Genaue Untersuchungen hierüber sind deshalb sehr schwierig, weil sich reiner Ozondampf sehr leicht zersetzt und oft sogar ohne jede äußere Veranlassung unter Explosion in gewöhnlichen Sauerstoff zerfällt.

Die Methoden, nach denen man Ozon darstellen kann, sind ziemlich zahlreich; jedoch liefern sie alle nur mehr oder weniger ozonisierten Sauerstoff, und reines Ozon zu erhalten, gehört zu den schwierigsten chemischen Arbeiten. Mitunter läßt es sich nach starken Gewittern, die ja elektrische Entladungen in größtem Maßstabe sind, in der Atmosphäre nachweisen. Ferner entsteht es bei der Elektrolyse des Wassers, und zwar

um so reichlicher, je mehr Schwefelsäure ihm zugesetzt ist. Eine andere Methode, ozonisierten Sauerstoff darzustellen, ist die, leicht oxydierbare Körper wie Phosphor einer langsamen Oxydation auszusetzen. Ein Teil des dabei nicht zur Oxydation verbrauchten Sauerstoffs geht dann in Ozon über.

Wir kommen nun zu dem bereits mehrfach erwähnten Element W a s s e r s t o f f. Sie wissen, daß es wie der Sauerstoff ein Gas ist, denn Sie haben es ja bei der Elektrolyse des Wassers entstehen sehen. Trotzdem ist aber der Wasserstoff sehr leicht von dem Sauerstoff zu unterscheiden, da er brennbar ist. Er brennt mit farbloser Flamme, die außerordentlich heiß ist, so daß man ziemlich dicke Kupferdrähte darin schmelzen kann. Nach kurzer Zeit wird sich die Flamme färben, denn die Glasröhre, aus der sie brennt erhitzt sich allmählich. Dabei verdampfen Spuren des in dem Glas enthaltenen Natriums, das die Flamme stark gelb färbt. Der Wasserstoff ist das leichteste Gas und damit das leichteste Element überhaupt, das wir kennen. Man verwendet es deshalb zum Füllen der Luftballons. Ich will Ihnen hier einen Luftballon im kleinen vorführen. Zu dem Zweck tauche ich eine Tonpfeife in Seifenwasser und leite dann durch einen Schlauch Wasserstoff in die Pfeife. Sobald die sich bildende Seifenblase genügend groß geworden ist, lasse ich sie fliegen, und nun sehen Sie, wie sie mit großer Geschwindigkeit an die Decke steigt. Wenn es uns gelänge, eine solche mit Wasserstoff gefüllte Seifenblase einige Zeit aufzubewahren, könnten wir eine sehr merkwürdige Beobachtung machen. Unser Miniaturballon würde nämlich seine Steigkraft mehr und mehr verlieren, trotzdem er seine ursprüngliche Größe

vollständig beibehält. Wenn wir dann den Inhalt der Blase untersuchten, würden wir entdecken, daß der darin befindliche Wasserstoff sehr stark mit Luft vermischt ist. Wie sollen wir uns das erklären? Stellen Sie sich vor, daß alle Körper, auch die festesten, bis zu einem gewissen Grad porös sind. Die meisten Körper erscheinen uns nicht so, weil ihre Poren viel zu klein sind und weit unter der Grenze der auch mit den vollkommensten Mikroskopen erreichbaren Sichtbarkeit liegen. Man kann sich aber nicht denken, daß in einem Körper die einzelnen Atome und Moleküle ganz dicht, das heißt ohne jeden Zwischenraum, zusammenliegen, da man die Erfahrung gemacht hat, daß alle Körper mehr oder weniger zusammendrückbar sind. Es findet also durch die Poren der Seifenblase hindurch eine Vermischung von Wasserstoff und Luft statt, die man „Diffusion" nennt. Das den Gasen (und Lösungen) eigene merkwürdige Vermischungsbestreben erklärt sich dadurch, daß die Moleküle jedes Gases sich mit großer Geschwindigkeit im Raume fortbewegen. So kommt es, daß sich zwei verschiedene Gase, miteinander in Berührung gebracht, selbst dann völlig durchdringen, wenn gar keine Druckverschiedenheit besteht.

In dünnen Gasen findet die Diffusion leichter statt als in dichten. In Wasserstoff, dem leichtesten Gas, das 14 mal leichter ist als Luft, wird folglich die Diffusion eines anderen Gases besonders leicht stattfinden.

PERIODISCHES SYSTEM DER ELEMENTE. — GESETZ VON DULONG UND PETIT. — BAU DER ATOME. — GRÖSSE DER MOLEKÜLE. — RADIUMSTRAHLEN. — EMANATION. — UMWANDLUNG DER ELEMENTE.

Alle die Elemente, die man mit der Zeit kennen lernt, kommen einem in gewissem Sinne als „Persönlichkeiten" vor, als Individuen mit bestimmtem Charakter. Denken Sie nur an die energischen Alkalimetalle, den trägen Stickstoff, das in seinen Verbindungen so vielgestaltige Mangan und an viele andere mehr, so werden Sie finden, daß viele Elemente und Elementgruppen einen ganz scharf umrissenen „chemischen Charakter" haben. Wir sprachen ja auch während unserer Betrachtungen fortwährend über Ähnlichkeiten zwischen einzelnen Elementen, konnten häufig in den „Triaden" eine ganz merkwürdige Art von Zusammengehörigkeit finden, so daß sich uns ganz von selbst die Frage aufdrängt, ob sich nicht alle Elemente in irgendeiner Weise in ein System einordnen lassen, und ob nicht das, was wir eben als den chemischen Charakter eines jeden Elementes bezeichneten, einfach eine von der Größe einer Grundeigenschaft der Elemente (z. B. Atomgewicht oder spez. Gewicht) abhängige Eigentümlichkeit sei. Als nächstliegende Größe, die da in Betracht käme, ergibt sich natürlich das Atomgewicht; denn schon die Triaden weisen ja darauf hin, daß irgendein Zusammenhang zwischen Atomgewicht und chemischem Charakter bestehen muß. Außerdem hat man noch eine ganze Anzahl anderer Beobachtungen gemacht, die alle das gleiche vermuten lassen. Schon 1865 stellte der Chemiker Newlands das „Gesetz der Oktaven" auf. Dieses

besagt, daß, wenn man die Elemente nach der Größe ihres Atomgewichts in Reihen anordnet, jedesmal das achte Element ähnliche Eigenschaften zeigt wie das erste. Ferner wußte man schon lange, daß zwischen dem Atomgewicht und bestimmten physikalischen Konstanten der Elemente wie z. B. der spezifischen Wärme auffallende Zusammenhänge bestehen. So besagt das „Gesetz von Dulong und Petit“ (1819), daß das Produkt aus Atomgewicht und spez. Wärme eines Elementes eine konstante Größe ist, deren Wert bei 6,4 liegt. Also je größer das Atomgewicht, desto kleiner die spez. Wärme, oder: „Die spezifische Wärme eines Elementes ist umgekehrt proportional seinem Atomgewicht.“ Dies geht aus folgender Tabelle hervor:

Element	*a* Atomgew.	*b* Spez. Wärme	Product aus *a* und *b*
Eisen	55,85	0,114	6,4
Kobalt	58,97	0,107	6,3
Uran	238,5	0,027	6,5
Stickstoff	14,01	0,43	6
Blei	207,1	0,031	6,4

Auf dem Oktavengesetz Newlands aufbauend veröffentlichten 1869 und 1870 der Russe Mendelejeff und der Deutsche Lothar Meyer ihre berühmten Abhandlungen über das von ihnen aufgestellte „periodische System der Elemente“.

Das diesem System zugrunde liegende periodische Gesetz sagt aus, daß in einer Reihe, in der die Elemente nach der Größe ihrer Atomgewichte geordnet

sind, Grundstoffe mit ähnlichen Eigenschaften („Familienmitglieder") in periodischen Zwischenräumen wiederkehren. Danach stellt sich also der chemische Charakter eines Elementes wirklich in der Hauptsache als abhängig von der Größe seines Atomgewichtes dar. (Mathematisch gesprochen: „Der chemische Charakter eines Elementes ist eine Funktion seines Atomgewichtes.")

Als der russische Forscher sein System ausgebildet hatte, befand sich an der Stelle, die heute durch das Germanium ausgefüllt wird, noch eine Lücke. Mendelejeff folgerte nun nicht nur, daß da ein bis jetzt noch unbekanntes Element hingehöre, sondern er gab auch die chemischen und physikalischen Eigenschaften dieses unbekannten Grundstoffes genau an, so genau, daß ich es mir nicht versagen kann, Ihnen hier Mendelejeffs Angaben und die später praktisch gefundenen Resultate gegenüberzustellen. Mendelejeff nannte sein hypothetisches Element Ekasilicium (Symbol Es). Als es entdeckt wurde, erhielt es den Namen Germanium.

Vorausgesagte Eigenschaften des Mendelejeffschen „Ekasiliciums"	Eigenschaften des Germaniums
Atomgew. etwa 72,8.	Atomgew. ist 72.
Spez. Gew. 5,5.	Spez. Gew. 5,46.
Spez. Gew. von EsO_2 muss 4,7 sein.	Spez. Gew. v. GeO_2 ist 4,7.
EsO_2 muss sich leicht reduzieren lassen.	GeO_2 kann leicht durch Wasserstoff reduziert werden.
Es muss eine organische Verbindung von der Zusammensetzung $Es(C_2H_5)_4$ bilden, deren Siedep. 160° und deren spez. Gew. 0,96 ist.	$Ge(C_2H_5)_4$ siedet bei 160° und hat ein spez. Gew., das etwas unter 1 liegt.

(Tabelle nach Hollemann.)

Die Vorhersage der Eigenschaften eines Elementes und die Bestätigung durch die Praxis ist ein so glänzender Triumph der Wissenschaft, daß er vielleicht nur noch mit der Errechnung des Standortes des unbekannten Planeten Neptun aus den Störungen der Uranusbahn (Leverrier und Galle) verglichen werden kann. — Auf ähnliche Weise sagte Mendelejeff auch noch die Eigenschaften eines hypothetischen Ekabors und Ekaaluminiums voraus. Beide Elemente wurden entdeckt und erhielten die Namen Gallium und Skandium. Es ist zu hoffen, daß im Laufe der Zeit auch noch andere Lücken des Systems ausgefüllt werden.

Diese erstaunlichen Tatsachen führen uns von selbst auf eine wichtige Schlußfolgerung: Wenn nämlich die Eigenschaften der Grundstoffe abhängig sind von der Größe ihres Atomgewichtes, dann läßt sich das doch nur so erklären, daß schon die Atome zusammengesetzte Körper sein müssen, die aus einer umso größeren Anzahl von „Bausteinchen" (deren Natur uns vorläufig unbekannt ist) zusammengesetzt sind, je größer das relative Gewicht des betreffenden Atoms ist. Wir hätten also nach dieser Auffassung in dem Atomgewicht eine direkte Analogie zu dem „spezifischen Gewicht" (siehe S. 128), und können annehmen, daß z. B. in dem Quecksilberatom (Atomgewicht 200) die Bausteinchen, aus denen es gebildet wird, annähernd 3 mal so dicht zusammenliegen wie in dem Zinkatom (Atomgewicht 65,4). Es wären demnach die Atome aller Elemente aus denselben Bausteinen zusammengesetzt, und sie unterschieden sich nur durch die Anzahl der in ihnen enthaltenen Teilchen oder durch die Dichte, in der sie auf den Raum eines Atoms zusammengedrängt sind,

voneinander. Man müßte also durch Wegnahme oder Zufügung solcher „Bausteine“ zu einem Atom eines beliebigen Elementes ein anderes herstellen, mit einem Wort: ein Element in ein anderes umwandeln können. Zugleich müßte dann ein nur aus einem einzigen Baustein bestehendes Atom dasjenige des „Urelementes“ sein, aus dem sich alle anderen Grundstoffe aufbauen ließen. Im Lichte dieser Theorien beginnen auch unsere festesten chemischen Überzeugungen wankend zu werden. Elemente, die wir als Stoffe definierten, die nicht zerlegt werden können, sollen ineinander umwandelbar sein. Atome, die wir als die Bausteine der Materie, als einheitliche Teilchen betrachteten, sollen selbst aus noch kleineren Teilen bestehen; nichts ist mehr fest, sondern alles dem Wechsel, der Veränderung unterworfen. So werden wir denn wieder auf die Fragen nach dem Wesen und dem Bau der Materie geführt, die gleichen Fragen, von denen wir in unserem ersten Vortrag ausgingen.

Trotzdem aber stehen wir nicht nur auf dem Boden der Theorie, sondern erfreulicherweise hat uns in den letzten Jahren auch die Praxis mancherlei hochbedeutende Aufschlüsse über das Wesen der Materie gebracht. Daß die Teilbarkeit der Materie einmal eine Grenze erreicht, d. h. daß „kleinste Teilchen“ nicht nur eine Vorstellung sind, sondern in Wirklichkeit existieren, läßt sich durch das Experiment beweisen: Öl besitzt die Fähigkeit, sich auf Wasser in unglaublich dünnen Schichten auszubreiten. Man kann nun leicht die Dicke dieser Ölschicht berechnen, wenn man die Größe der Fläche, die sie bedeckt, sowie die Menge des verwandten Öls kennt. Als Mittel aus zahlreichen Versuchen wurde gefunden, daß die Ölschicht unterhalb einer gewis-

sen Dicke nicht mehr zusammenhängend bleibt, sondern zerreißt. Hier hat also die Teilbarkeit der Materie offenbar ihre Grenze erreicht, wir sind bei den „kleinsten Teilchen“ angelangt, und wir haben nur noch die Dicke der Ölschicht beim Zerreißen zu berechnen, um auch über die ungefähre Größe der kleinsten Teilchen einen Anhalt zu haben. Man fand, daß sie ungefähr $\frac{1}{10\,000}$ mm groß sein müssen; es sind sogar noch weit kleinere Durchmesser ($\frac{1}{2\,000\,000}$ mm) berechnet worden. Andere Versuche, deren Schilderung hier zu weit führen würde, haben ähnliche Werte ergeben.

Für die Behauptung, daß die Atome zusammengesetzter Natur sein müssen, können wir auch eine Reihe schwerwiegender Beweise vorbringen.

Wie Sie wissen, gibt es eine Anzahl von Elementen, die die Bunsenflamme verschieden färben; diese Flammenfärbung ist eine den Atomen der betreffenden Elemente eigentümliche Eigenschaft. Wäre nun ein solches Atom ein e i n f a c h e r Körper, dann könnte es auch nur e i n farbiges Licht aussenden. Denn wir fassen das Licht auf als Schwingungen eines (hypothetischen), den ganzen Weltraum erfüllenden Stoffes, den man „Äther“ nennt. Diese Schwingungen werden dem Äther bei unserem Versuch dadurch mitgeteilt, daß die Atome des betreffenden Elements, die durch die Hitze der Flamme zum Schwingen gebracht werden, diese Bewegung dem Äther, der sie rings umgibt, mitteilen. Jede Schwingung des Äthers erscheint uns als bestimmte „Farbe“, je nachdem sie schneller oder langsamer vor sich geht. Ein e i n facher in der Flamme schwingender Körper könnte also dem Äther auch nur e i n e bestimmte Schwingung mitteilen, also nur Licht von

einer Farbe erzeugen. Wir wissen aber, daß der Spektralapparat das von verschiedenen Elementen erzeugte Licht in eine ganze Anzahl verschiedener Farben zerlegt. Dies läßt sich nur so erklären, daß die in der Flamme schwingenden Atome aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzt sind, von denen jeder dem Äther eine andere Schwingung erteilt.

Eine ganz unerwartete Bestätigung erhielt die Theorie von der zusammengesetzten Natur der Atome durch die 1898 erfolgte Entdeckung des Radiums. Man hatte schon seit längerer Zeit begonnen, gewisse Strahlungs- und Fluoreszenzerscheinungen, wie sie z. B. beim Durchgang elektrischer Ströme durch verdünnte Gase auftreten, genauer zu untersuchen. Man erhielt dabei viele unerwartete Ergebnisse — ich erinnere Sie nur an die 1896 entdeckten Röntgenstrahlen. Ein französischer Forscher, Becquerel, fand, daß von dem Uran und seinen Salzen eine besondere Art von Strahlen ausgeht, die sich ähnlich wie Röntgenstrahlen verhält. Frau Curie in Paris untersuchte die Becquerelstrahlen näher und entdeckte, daß eine aus Joachimsthal in Böhmen stammende Pechblende die Strahlung in viel höherem Maß zeigte als reines Uran. Daraus folgerte sie, daß die Strahlen nicht von dem Uran selbst, sondern von einem ihm beigemengten, noch unbekannten Stoff herrühren müßten und nach unendlichen Mühen gelang es ihr, diesen Körper, der den Namen Radium erhielt, in Form seines Chlorids abzuscheiden. Der neue Körper zeigte eine ganze Reihe der merkwürdigsten Eigenschaften. Er leuchtete im Dunkeln schwach, und diese leuchtenden Strahlen durchdrangen Holz und selbst dünne Metallplatten. Fluoreszierende Körper,

wie Zinksulfid, Baryumplatincyanür usw. wurden durch die Bestrahlung zu intensivem Leuchten gebracht. Beim Auflösen in Wasser wurde dieses zum Teil in seine Bestandteile zerlegt, wie aus der Entwicklung von Knallgas hervorging; die Luft spaltete sich unter dem Einfluß von Radiumpräparaten in Ionen, wodurch sie für Elektrizität leitend wurde, und schließlich zeigten Radiumpräparate stets eine um etwa 1° höhere Temperatur als ihre Umgebung. Bei näherer Untersuchung stellte es sich heraus, daß das Radium nicht nur eine, sondern mehrere Arten von Strahlen aussendet, die sich durch ihr Verhalten einem Magneten gegenüber unterscheiden.

Steht auf einer Tischplatte *T* (Fig. 12) ein Bleitrog, in dem sich ein Radiumpräparat befindet, und hält man einen Magneten über das Gefäß, so entstehen 3 verschieden stark abgelenkte Strahlenbündel, die man nach den 3 ersten Buchstaben des griechischen Alphabets Alpha-, Beta- und Gammastrahlen nennt. Die Gammastrahlen werden von dem Magneten gar nicht abgelenkt, die Alphastrahlen nur schwach, die Betastrahlen dagegen sehr stark. Das größte Durchdringungsvermögen haben die Gammastrahlen, die sich als den Röntgenstrahlen sehr ähnlich erwiesen haben. Die Alphastrahlen scheinen, wie man jetzt ziemlich sicher weiß, aus materiellen, mit positiver Elektrizität geladenen Teilchen zu bestehen, die mit großer Geschwindigkeit ($\frac{1}{20}$ der Lichtgeschwindigkeit) fortgeschleudert werden, während die Betastrahlen den „Kathodenstrahlen“ ähnlich sind und aus sehr kleinen, negativ geladenen materiellen Teilchen be-

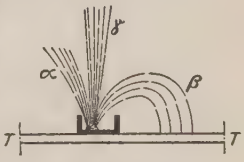


Fig. 12.
Radiumstrahlung.

stehen, die nur etwa $\frac{1}{2000}$ der Masse eines Wasserstoffatoms besitzen und mit einer nahezu an die des Lichtes grenzenden Geschwindigkeit weggeschleudert werden. Aus der viel geringeren Masse, die die Teilchen der Betastrahlen besitzen, erklärt sich ihr größeres Durchdringungsvermögen gegenüber dem der Alphastrahlen.

Das für uns Wichtigste an dem Verhalten des Radiums ist, daß von ihm fortgesetzt kleine materielle Teilchen mit großer Energie fortgeschleudert werden, so daß sich uns das Bild eines im Zerfallen begriffenen Atoms bietet, das sich in seine einzelnen Bestandteile spaltet. Wir müssen also unbedingt annehmen, daß das Radiumatom zusammengesetzter Natur ist. Daß ihm eine große Energie innewohnt, geht daraus hervor, daß es eine höhere Temperatur als seine Umgebung hat und Wasser zersetzen kann.

Man hat außerdem beobachtet, daß das Radium auch anderen Körpern auf einige Zeit die Fähigkeit erteilen kann, Strahlen auszusenden, „radioaktiv zu werden". Man spricht bei solchen Körpern von „induzierter Radioaktivität" im Gegensatz zu der ursprünglichen Radioaktivität des Radiums. Man kann nun eine induzierte Radioaktivität auf Holz, Metall usw. schon dadurch hervorrufen, daß man sie nur in die N ä h e eines Radiumpräparats bringt. Daraus geht hervor, daß von dem Radium ein gewisses Etwas ausgehen muß, das bei den Gegenständen Radioaktivität zu induzieren fähig ist. Das „gewisse Etwas" wurde auch entdeckt und „Emanation" benannt. Die Emanation ist ein Gas, das schwach leuchtet und bei — 150° zu einer Flüssigkeit kondensiert werden kann. Die Emanation verhält sich wie die Edelgase Argon, Helium

usw., d. h. sie geht keine chemische Verbindung ein und wird durch nichts zersetzt. Wenn man das Gas in ein Glasrohr einschmilzt und den elektrischen Strom durchleitet, erhält man ein Licht, das ein charakteristisches Spektrum, das der Radiumemanation, liefert. Nach einigen Tagen hat sich das Glasrohr jedoch violett gefärbt, das Emanationsspektrum ist verschwunden, und an seine Stelle ist jetzt das Spektrum eines ganz anderen Elementes, das Heliumspektrum, getreten, so daß wir hier wirklich zum ersten Mal die Umwandlung eines Grundstoffs in einen anderen beobachtet haben. Der Versuch ist inzwischen von seinem Entdecker Ramsay und anderen (Himstedt) so oft mit dem gleichen Resultat wiederholt worden, daß gar kein Zweifel mehr an der Tatsache möglich ist, daß sich Radiumemanation im Verlauf von etwa 40 Stunden in Helium verwandelt. Die Tragweite dieser Entdeckung ist noch gar nicht abzusehen. Erlaubt sie uns doch neue, ungeahnte Einblicke in den Bau der Atome. Der uralte Traum der Alchymisten, unedle Metalle in edle, Eisen in Gold zu verwandeln, liegt heute durchaus im Bereich des Möglichen. Ein Atom eines Elementes ist ja kein einfaches materielles Teilchen, sondern ein aus vielen noch kleineren Bausteinen zusammengesetzter Körper, von dem einzelne Teile abgeschleudert oder abgespalten werden können, und der dadurch sich wieder in andere Elemente zersetzen kann. Man glaubt sogar, jetzt schon einen ganzen „Stammbaum“ des Radiums aufstellen zu können, und nimmt an, daß sich das Radium im Laufe von Jahrtausenden aus dem Uran abgespalten hat, und daß es noch nicht das Endprodukt

dieses Spaltungsprozesses ist, sondern daß es sich noch weiter in Emanation zersetzt, die dann wieder in Helium zerfällt. Dazwischen liegen noch mannigfache Zwischenstufen zu denen vielleicht das Polonium, ein ebenfalls stark radioaktives Element, das kürzlich von Frau Curie rein erhalten wurde, und das Radiothor und Radiowismut gehören. Es wird sogar behauptet, das Endprodukt des Radiumzerfalls sei das Blei, jedoch ist diese Annahme noch nicht genügend begründet, wenn auch Radium sehr häufig mit Blei und stets zusammen mit Uran, Helium und Polonium vorkommt.

Außer Radium und Polonium kennt man auch noch eine Anzahl anderer radioaktiver Stoffe: das Aktinium, das ebenerwähnte Radiothor und Radiowismut, und neuerdings fand man, daß auch das Kalium schwach radioaktiv ist. Die einzelnen Umwandlungsprodukte des Radiums werden dadurch voneinander unterschieden, daß man die Zeit bestimmt, bis die Stärke ihrer Strahlung auf die Hälfte des Anfangswertes gesunken ist. Man nennt diese Größe die „Halbierungskonstante". Sie beträgt für Radium etwa 2000 Jahre, für die Emanation dagegen $3\frac{3}{4}$ Tage. Induziert radioaktive Substanzen haben Halbierungskonstanten, deren Wert sich nur nach Minuten bemißt; daraus geht hervor, daß auf den betreffenden Körpern nicht etwa einfach Emanation „kondensiert" wird, da ja sonst die Halbierungskonstante ebenfalls $3\frac{3}{4}$ Tage betragen müßte. — Bis jetzt ist es noch nicht gelungen, den Prozeß des Radiumzerfalls umzukehren, d. h. aus seinen Zerfallprodukten wieder Radium aufzubauen.

Wenn Sie sich das über Radium Gesagte noch einmal ins Gedächtnis zurückrufen, werden Sie sich nun ein

wesentlich anderes Bild eines Atoms machen können, als wir es zu Anfang unserer Betrachtungen taten. Statt eines einfachen Körpers sehen Sie jetzt eine Art Planetensystem auf engstem Raum zusammengedrängt, in dem vielleicht größere und kleinere materielle Teilchen um eine große „Zentralsonne" schweben und teilweise mit enormer Gewalt und Geschwindigkeit fortgeschleudert werden. Dies soll Ihnen das Bild (Fig. 13) erläutern, das natürlich nicht den geringsten Anspruch auf Richtigkeit macht, sondern lediglich Ihre Vorstellungskraft unterstützen soll. Sie sehen da die Teilchen um den Zentralteil ringförmig angeordnet, die größeren mit einer durch ein Kreuz angedeuteten positiven, die kleineren mit der durch einen Strich bezeichneten negativen Ladung. Die Pfeile sollen ausdrücken, daß die Teilchen fortgeschleudert werden.

Fig. 13. Radiumatom.

So weit wir auch in die Tiefe chemischer und physikalischer Erkenntnis einzudringen versuchen, immer bleiben noch Fragen übrig, auf die wir keine Antwort finden können. „Was sind die kleinsten Teilchen, aus denen die Atome bestehen?" „Welche Kraft schleudert sie weg, welche hält sie in der Schwebe?" „Wie sollen wir uns eine elektrische Ladung denken?" Hierauf kann nur gesagt werden, daß bei solchen Fragen, die den Urgrund aller Dinge berühren, die exakte Forschung einstweilen Halt machen muß, da hier für unsere Vorstellungskraft die äußerste Grenze erreicht ist. Trotzdem brauchen wir nicht mutlos zu werden. Die Wissenschaft

hat noch unendlich große andere Probleme zu lösen, und das Glück des Menschen hängt nicht davon ab, ob er die Urkraft wirklich „versteht“ oder nicht. Die Vorstellung versagt gleicherweise gegenüber dem unendlich Großen und dem unendlich Kleinen. Freuen wir uns, daß es uns vergönnt ist, in unverdrossener Forschung einen immer tieferen Einblick in das Triebwerk der Welt zu erlangen, zu sehen, daß die gleiche Kraft, die Sonnen um Sonnen kreisen läßt, wahrscheinlich auch das komplizierte Bauwerk eines Atoms zusammenhält.

GEOLOGIE

Eigenschaften der Erde

Der wichtigste Charakter der heutigen Erde ist ihre kugelrunde Form. Mit feinsinnigen Methoden hat man zwar festgestellt, daß die Oberfläche der Erde keine richtige Kugelfläche ist, sondern einer ziemlich unregelmäßigen Fläche (Geoid) entspricht, die nicht nur an den Polen abgeplattet, sondern auch in anderer Hinsicht verändert ist; aber diese Abweichungen von der Kugelgestalt sind nur geringfügig.

Auf einem Globus von Manneshöhe beträgt der Unterschied beider Erdachsen 5 mm; der höchste Berg der Erde ragt dann $1\frac{1}{3}$ mm über ihre Länder empor, die größten Meerestiefen aber sinken nur $1\frac{1}{3}$ mm unter die normale Kugelfläche. Der etwa 2000 m tiefe Taleinschnitt des Colorado in Arizona würde etwa $\frac{1}{4}$ mm betragen; der höchste Berg würde, neben die größte Ozeantiefe gestellt, nur einen Höhenunterschied von 2,5 mm erkennen lassen. Noch viel geringer erschienen aber die Unterschiede der mittleren Höhe der Kontinente, die 700 m über der mittleren Tiefe der Ozeane von 3500 m aufragen. Auf einem manneshohen Globus ergibt dies einen Unterschied von 0,5 mm — so dünn ist das Wasserhäutchen, das wir als „Weltozean" bezeichnen.

Der Erdball wird nach außen von der Atmosphäre umgeben, die von unten nach oben dünner

wird und wahrscheinlich ohne scharfe Grenze in den luftleeren Weltenraum übergeht. Es ist deshalb sehr schwierig, die Höhe der Atmosphäre genau zu bestimmen, doch mag sie etwa 200 km hoch und auf unserem Globus zu 25 mm gerechnet werden.

Das Weltmeer bildet zwar auch eine in sich geschlossene Hülle um den ganzen Erdball, allein der Wassermantel ist von großen Lücken, die wir Festländer und Inseln nennen, vielfach unterbrochen. 28% der Erdoberfläche sind festes Land, und 72% gehören zur Fläche der Hydrosphäre. Die großen Festländer sind von einer mehr oder weniger breiten Zone flachen Wassers umgeben, jenseits deren der Kontinentalsockel endet und der eigentliche Abfall zur Tiefsee beginnt. Man nennt diese Flachseeregion die Kontinentalstufe oder den „Schelf", und hat zeigen können, daß sie durch die vereinte Wirkung von Brandung und Flüssen an jedem Ufer entsteht.

Bis weit in das Herz der Festländer reicht der Einfluß des Meeres. Ein vielverästeltes Netz von Wasserfäden überzieht als Strom, Fluß, Bach, See, Gletscher und Schneeflächen das Festland, und so muß das Verhältnis des trockenen Landes zu den Flächen des Wassermantels für ersteres noch viel ungünstigere Zahlen ergeben.

Bei der Betrachtung der Meerestiefen erkennen wir, daß unsere heutigen Weltmeere nicht etwa flache Schüsseln sind, deren Tiefe vom Land nach der Hochsee beständig zunimmt, sondern daß gerade die allergrößten Meerestiefen oft in nächster Nähe von Inseln oder Festländern liegen. Die Tuscaroratiefe bei den Kurilen beträgt 8512 m, die Kermadektiefe nördlich von Neuseeland sogar 9528 m.

In der Gegenwart gehören etwa zwei Drittel der gesamten Erdoberfläche zu den lichtlosen, eiskalten Regionen der Tiefsee. Aber dieses Verhältnis war nicht immer so und hat sich erst im Laufe der geologischen Geschichte herausgebildet.

Wenn wir uns einmal im Geiste die Erdkugel aus ihren Angeln heben, um sie dann von allen Seiten anzusehen, so erkennen wir sofort, daß nicht fünf Ozeane existieren, sondern daß ein einziges universales Weltmeer seinen Mittelpunkt im südlichen Pazifik hat, und daß von hier aus große und kleine Buchten, nach Norden vordringend, große Festlandsmassen trennen und von allen Seiten umspülen.

Nur die Seen und Flußsysteme der abflußlosen Gebiete sind vollkommen abgetrennt vom Ozean; ein Fünftel der gesamten heutigen Landoberfläche gehört zu diesen regenarmen Wüsten und Steppenländern.

Das Weltmeer ist in einer beständigen Bewegung begriffen. Ebbe und Flut verschieben die Strandlinie, Wind und Stürme erzeugen mächtige Wellen, Passatwinde leiten die oberflächlichen Strömungen und Wärmeunterschiede versetzen tiefere Wasserschichten in eine langsame, kaum meßbare Zirkulation. Sonnenwärme verdunstet die Oberfläche des Wasserspiegels, das Wasser steigt in die Atmosphäre empor, fällt als Regen und Schnee wieder herab und in der Mündung großer Flüsse strömt der Überfluß des Landes dem mütterlichen Ozeane zu. So sehen wir zwar, wie sich die Hydrosphäre beständig ändert, aber wir möchten glauben, daß wenigstens die großen Umrisse der Meeresbecken unveränderlich sind.

Gehen wir jedoch weiter zurück in die Vergangenheit, so sehen wir z. B. bei Bajae römische Bauwerke mehrere Meter unter dem Wasserspiegel und an der Felsenküste von Capri 200 m hoch deutliche Symptome eines früheren Meeresspiegels. So erscheint uns also auch der Ozean als ein unbeständiges, ewig wechselndes Reich, dessen Grenzen ebenso beweglich sind wie seine Fluten.

Unter der Atmosphäre und der Hydrosphäre finden wir eine dritte Hülle um den Erdball geschlungen. Wenn wir uns einmal von der Vorstellung befreien, daß ein Wald aus Tausenden von einzelnen Bäumen, ein Korallenriff aus Millionen einzelner Tiere besteht, dann können wir diese mit tierischem und pflanzlichem Leben bedeckten Flächen als eine einheitliche, allerdings sehr lückenvolle Schicht lebendiger Substanz: die Biosphäre, betrachten. Sie ist über die Festländer und über den Meeresgrund wie ein bunter Teppich ausgebreitet, nimmt als Tundra, Wald, Sumpf, Rasen, Korallenriff, Fischschwarm, Tierherde sehr mannigfaltige Formen an, aber überall setzt sie sich aus lebenden Organismen zusammen, die oft dicht gedrängt nebeneinander wachsen, sich vermehren und sterben. Von den Grasmatten der tibetanischen Hochländer bis hinab zu den spongienbewachsenen Abgründen der Tiefsee reicht diese vielgestaltige Organismenwelt, und während sie ihre Nahrung zum größeren Teile aus der Atmosphäre und der Hydrosphäre entnimmt, lagert sie andrerseits ihre unverweslichen Überreste nach dem Tode als Kalkbank, Kohlenlager oder Knochenanhäufung der Erdrinde auf.

Nachdem wir die drei oberen Hüllen der Erdkugel durchschritten haben, setzen wir unseren Fuß auf den

Steinmantel der festen Erde, die Lithosphäre. Daß sie aus mehr oder weniger harten Felsarten besteht, daß Berge und Täler von ihr gebildet werden, lehrt uns alltägliche Erfahrung, aber eins interessiert uns besonders: zu wissen, bis in welche Tiefe der feste, harte Felsengrund reicht.

Die großartige Schlucht des Colorado in Arizona steigt fast 2000 m tief hinab, und bis zum Boden werden die steilen Wände von festen Felsmassen gebildet. Festes Gestein traf aber auch das tiefste Bohrloch der Erde bei Paruschowitz in Oberschlesien. Die Temperatur desselben betrug nahe der Oberfläche 12° C; in einer Tiefe von 2003 m aber stieg sie auf 69,3°.

Da man überall eine ähnliche Wärmezunahme beobachten konnte und die Temperatur im Durchschnitt bei einer Tiefe von 33 m um 1° C steigt, so werden wir notwendig zu der Ansicht geführt, daß unterhalb der festen kalten Erdrinde eine immer heißer werdende Zone liegt, die wir als den glühenden Erdkern oder die Pyrosphäre bezeichnen. Eine einfache Rechnung zeigt, daß in einer Tiefe von 50 bis 75 km unter unseren Füßen überall eine Temperatur von etwa 1500° herrschen muß.

Wenn wir Granit, Basalt oder irgend ein anderes Gestein im Schmelzofen einer Hitze von 1500° aussetzen, so wird es nicht nur 1500° warm, sondern es beginnt auch zu schmelzen und verwandelt sich in eine zähe Flüssigkeit. Bei vulkanischen Ausbrüchen dringt tatsächlich eine geschmolzene glühende Masse (das Magma) bis zur Erdoberfläche, um daselbst als Lava zu erstarren.

Man hat nun daraus den Schluß gezogen, daß auch das Erdinnere von einer beweglichen Flüssigkeit erfüllt

sei — aber astronomische Tatsachen widersprechen einer solchen Annahme durchaus. Die Erdkugel, als Ganzes genommen, verhält sich bei ihren kosmischen Bewegungen wie eine harte, starre Masse, gerade als wenn sie aus Stahl bestände.

Dieser Widerspruch erklärt sich jedoch leicht, wenn wir erwägen, daß eine erhitzte Gesteinsmasse nur unter geringem Druck flüssig werden kann; sobald wir mit zunehmender Temperatur auch den Druck steigern, so erwärmt sich die Masse, ohne zu schmelzen.

Die Pyrosphäre wird umspannt von dem lückenlos gefügten Gewölbe der Lithosphäre, die einen solchen Druck auf das Erdinnere ausübt, daß dieses trotz seiner hohen Temperatur als Ganzes nicht flüssig sein kann, sondern sich wie eine starre Stahlkugel verhält. Aber bei jeder Druckentlastung ist das glühendheiße Erdinnere bereit, sofort als Schmelzfluß aufzusteigen.

Welche Temperaturen im eigentlichen Erdkerne herrschen, ist nur vermutungsweise zu schätzen. Manche Geophysiker nehmen eine Temperatur von 5000° an, während andere berechnen, daß am Ende eines bis zum Mittelpunkte der Erde reichenden Schachtes eine Wärme von 32 000° herrschen müsse.

Über die chemische Beschaffenheit des Erdinnern läßt sich nur so viel sagen, daß dort *schwere Elemente* vorwiegen. Denn die ganze Erde hat ein spezifisches Gewicht von 5,6 (ungefähr das des Magneteisens), während die in der Erdrinde weitverbreiteten Gesteine nur ein solches von 2,5 besitzen.

Daß die Massen schon unterhalb der Erdrinde und in der Außenzone der Pyrosphäre nicht gleichmäßig verteilt sind, wird durch die Resultate der in den letzten

Jahren vorgenommenen Pendel-Beobachtungen bewiesen. Danach ist die Erdrinde unter den Alpen um so viel leichter, wie einer Gesteinsmasse von 1200 m Dicke entspricht, während zwischen dem Gardasee und Mantua ein Massenüberschuß von 700 m vorhanden ist. Unter dem Riesengebirge muß man einen Massendefekt von 240 m annehmen, im Odergebiet einen Massenüberschuß von 350 m. Sollten weitere Pendelmessungen bestätigen, daß im Durchschnitt die Kontinentalflächen leichter sind als die Gebiete der Tiefsee, so würde sich ergeben, daß sogar die Lokalisierung der Meere durch lokale Anziehung von Seiten der Erdrinde bedingt sei.

Über die Zunahme der Dichte von der Erdrinde nach dem Kern sind mehrfach Rechnungen ausgeführt worden, die zu ziemlich übereinstimmenden Resultaten führten:

Halbmesser	Spezifisches Gewicht nach		
	Waltershausen	Laplace	Darwin
1	2,6	2,7	3,7
0,9	3,9	3,8	4,1
0,8	5,1	5,0	4,6
0,7	6,2	6,1	5,3
0,6	7,0	7,2	6,1
0,5	7,8	8,2	7,4
0,4	8,4	9,0	9,2
0,3	8,9	9,8	12,3
0,2	9,3	10,3	18,5
0,1	9,5	10,6	37,0
0	9,5	10,7	∞

Daraus geht jedenfalls soviel hervor, daß eine Eisenhohlkugel (spez. Gew. = 5–6) in einer Tiefe von rund 1600 km ruhen dürfte, unterhalb deren schwerere Metalle folgen. Ein Überschuß von reinem Eisen im Erdkern aber ist nicht wahrscheinlich, da dessen spezifisches Gewicht etwa dem des Kupfers entspricht.

Aus unseren bisherigen Betrachtungen ergibt sich, daß von den fünf großen Kugelschalen, welche als

1. Atmosphäre oder Lufthülle,
2. Hydrosphäre " Wasserhülle,
3. Biosphäre " Lebenshülle,
4. Lithosphäre " Erdrinde,
5. Pyrosphäre " Feuerkugel = Erdkern

den Erdball zusammensetzen, die drei äußersten Hüllen (der Schauplatz der äußeren oder exogenen Kräfte) sehr leicht verschoben und bewegt werden können; dann folgt die verhältnismäßig schwer veränderliche Steinkruste und unter ihr eine glühende Gaskugel, die zwar die Hauptmasse unseres Planeten bildet und in der Urzeit oft die dünnere Erdkruste durchbrochen haben mag, jetzt aber nur unter ganz besonderen Verhältnissen (endogene Kräfte) in und auf der Lithosphäre in die Erscheinung tritt.

Die große Mannigfaltigkeit der an der Oberfläche der Erdrinde sich vollziehenden Massenbewegungen kann man vom Standpunkte des Geologen in zwei Kategorien einteilen:

a) Durch Verwitterung, Lockerung und Zerfall der anstehenden Gesteine wird fast überall ein fein- oder grobkörniger Schutt gebildet, der nur selten liegen bleibt, unter dem Einfluß der Schwerkraft in die Tiefe sinkt und stürzt (Bergsturz, Schlammstrom), in der Regel aber von Wind, Wasser oder Gletschern ergriffen und davongetragen wird. Wir nennen die Wirkung aller in dieser Richtung tätigen atmosphärischen Kräfte A b t r a g u n g (Denudation). Durch sie wird der Erdhalbmesser lokal verkürzt.

b) Wo aber nach längerer oder kürzerer Frist die obengenannten Transportkräfte erlahmen und ihre Fracht abwerfen, da wird der inzwischen sortierte Verwitterungsschutt niedergelegt, und der Erdhalbmesser verlängert sich hier durch A u f l a g e r u n g (Gesteinsbildung).

Abtragung und Auflagerung sind nicht nur die Endstadien eines einheitlich verlaufenden Vorganges, sondern sie schließen sich auch räumlich und zeitlich aus.

Indem Verwitterung und Abtragung eine gelockerte Gesteinsschicht nach der anderen entfernen, entstehen immer größere und tiefere Wunden in der festen Erdrinde, die wir, wenn sie eng umgrenzt sind: Täler, wenn sie flächenhaft ausgedehnt sind: Tiefen oder Wannen nennen. So können ganze Gebirgssysteme bis auf ihre Wurzel abgetragen werden, und nur der innere Bau des übrigbleibenden Grundgebirges verrät uns, daß an einer jetzt vielleicht völlig ebenen Stelle dereinst ein hohes Gebirge existierte.

Was aber wird aus dem ausgeräumten und durch allerlei transportierende Kräfte entfernten Gebirgsschutt, dem Staub und Schlamm, dem Sand und Kies, den Geröllen und Gesteinsblöcken? Sie werden nach kürzerem oder längerem Transport wieder abgelagert, und es hängt ganz von der Dauer und dem Charakter der betreffenden Bedingungen ab, ob hierbei eine nur papierdünne Staubschicht oder eine Sandsteinablagerung von 4000 m Mächtigkeit entsteht.

Indem sich so Schuttdecke über Schuttdecke ausbreitet, wandert eine vorher an der Erdoberfläche befindliche Schicht langsam in die Tiefe und erleidet dabei in der Regel sehr merkwürdige Veränderungen.

Man kann innerhalb der Erdrinde, von oben nach unten drei Zonen unterscheiden: (1) *die Zone der Abtragung und Auflagerung*, deren Erscheinungen wir soeben betrachtet haben; darunter folgt in einem wechselnden Abstand von der Erdoberfläche (2) *die Zone der Verkittung*. Hier ist in allen Hohlräumen warmes Wasser vorhanden, das chemische Substanzen gelöst hat und geneigt ist, dieselben überall da abzuscheiden, wo es längere Zeit stagniert, oder wo sich Lösungen von verschiedener Wärme und Zusammensetzung begegnen. Hierbei werden sehr leicht gerade die am schwersten löslichen Verbindungen (Kieselsäure, Schwerspat) ausgefällt, aber natürlich auch leichter lösliche Kalk- und Eisensalze. Und so kommt es, daß die in immer größere Tiefe hinabsinkenden lockeren Auflagerungsmassen (Gerölle, Sand, weicher Ton und Muschelsand) in dieser Zone rasch verkittet und in feste Konglomerate, Sandsteine, Schiefertone oder Kalke verwandelt werden.

In noch größerer Tiefe folgt (3) *die Zone der plutonischen Erdwärme*. Hier werden die Gesteine von unten her durch heißes Wasser und magmatische Dämpfe durchtränkt, und es bilden sich dabei oft so tiefgreifende Veränderungen in Zusammensetzung und Gefüge, daß ein anfangs lockerer Quarzsand, der in der zweiten Zone zu Sandstein verkittet wurde, hier zu einem klingend harten Quarzit werden kann, während lockerer Muschelsand, der inzwischen zu einem porösen Kalkstein verkittet wurde, hier in kristallinischen Marmor übergeht. In diesem Gebiete nahe der Pyrosphäre entstehen auch Erzgänge, Mineralbildungen und weitere Strukturänderungen. Endlich gelangen wir an die Grenze der Pyro-

sphäre und zu den überhitzten Massen (Magma), die bei vulkanischen Ausbrüchen nach oben befördert werden.

Die Erdkugel dreht sich mit der Geschwindigkeit einer Kanonenkugel (in einer Sekunde 450 m) um ihre Achse, und da sie hierbei der leuchtenden und wärmenden Sonne immer eine andere Seite zuwendet, so entspricht jene Umdrehungszeit dem Wechselspiel von Tag und Nacht.

Gleichzeitig dreht sich die Erdkugel in 365 Tagen, 5 Stunden, 48 Minuten und 46 Sekunden um die Sonne und durchmißt hierbei in der Sekunde 30 000 m auf einer Bahn, die nur um ein Sechzigstel von der Kreislinie abweicht. Die Erdachse steht nicht senkrecht auf der Umdrehungsebene um die Sonne, deshalb erhält in dem einen Halbjahr die nördliche, im nächsten Halbjahr die südliche Halbkugel eine größere Menge von Sonnenstrahlen.

Die Strahlen der Sonne durcheilen einen 149 000 000 km langen Weg, um Wärme und Licht auf die Erde zu bringen. Die in einem Querschnitt von 1 qm enthaltene Menge von Sonnenstrahlen trifft in der Nähe des Äquators auf eine ebenso große Fläche der Erde. Infolge der Kugelgestalt derselben verteilt sich aber diese Wärmemenge nach den Polen zu auf eine immer größere Fläche und kann daher hier viel weniger wirken. Durch diese gesetzmäßige Abnahme der Sonnenwärme vom Äquator gegen die Pole entstehen die Klimazonen, die wir auf der Erde unterscheiden.

Man hat berechnet, daß unsere Erde, wenn wir die Sonnenstrahlen abblenden könnten, eine Temperatur von $-200°$ annehmen müßte. Aber die tiefsten Wintertemperaturen an den Kältepolen betragen nur etwa $-70°$. Wie kommt es also, daß unsere Erde nicht so

kalt werden kann, wie jene Berechnung vermuten lassen würde? Die Ursachen hierfür liegen in der Lufthülle, der Atmosphäre, welche wie das Fenster eines Treibbeetes einen großen Teil der darauffallenden und hindurchdringenden Wärmestrahlen nicht gleich wieder in den Weltenraum zurückläßt. So schützt die Atmosphäre unseren Planeten vor dem vernichtenden Einflusse der im Weltenraume herrschenden niedrigen Temperatur.

Kalte Luft ist schwer, warme Luft ist leicht; deshalb steigt im Äquatorialgebiete die Luft empor, fließt in den oberen Schichten der Atmosphäre polwärts und kehrt von hier an der Erdoberfläche nach dem Tropengürtel wieder zurück. Diese große tellurische Luftzirkulation der Passatwinde würde auf einer ruhenden Erdkugel längs der Meridiane verlaufen. Durch die Rotation der Erde werden die Passatwinde abgelenkt, und so strömen die mächtigsten Winde auf der nördlichen von SW. nach NO., auf der südlichen Halbkugel von NW. nach SO. Indem sich ihre Bewegung an der Meeresoberfläche reibt, überträgt sich die Bewegung der Luftströmungen auf das Wasser, und es entstehen die großen Meeresströmungen, welche von so maßgebendem Einfluß auf das Klima der Küstenländer und die geographische Verteilung der marinen Organismen sind.

Da die Temperatur der Meeresoberfläche ebenso wie die des Landes durch die astronomische Stellung der Erde zur Sonne geregelt wird, können wir auch dort klimatische Wärmezonen unterscheiden, welche von 35° C am Äquator bis zu $-2{,}5°$ C an den Polen schwanken. Aber nur eine Wasserschicht von etwa 400 m wird durch die Sonne stärker erwärmt, dagegen ist die Temperatur

der Tiefsee selbst unter dem Äquator nur wenige Grade über 0.° Kaltes Wasser ist schwer, und die Bodentemperaturen eines größeren Wasserbeckens werden durch die Wintertemperatur der Wasseroberfläche bestimmt. Deshalb dringt eine eiskalte Wassermasse vom Südpolarmeer nach dem Äquatorgebiete des Stillen, Indischen und Atlantischen Ozeans, bringt in die lichtlosen Tiefen frischen Sauerstoff und Nahrung für die Tiefseefauna und bestimmt die Temperatur der untersten Wasserschichten. Zu allen Zeiten muß die Tiefsee die niedrigsten Wassertemperaturen des jeweilen herrschenden Klimas gehabt haben.

Da die Erdachse nicht senkrecht auf ihrer Umdrehungsbahn um die Sonne steht, sondern um 23° von ihr abweicht (Ekliptik), verschieben sich die Klimazonen in jedem Jahre um diesen Betrag bald auf der nördlichen, bald auf der südlichen Halbkugel gegen den Pol und es entsteht die Erscheinung von Sommer und Winter. Hierdurch werden eine Reihe von periodischen Vorgängen und Bewegungen in der Atmosphäre, der Hydrosphäre und Biosphäre ausgelöst, deren geologische Wirkung uns noch später beschäftigen wird.

Obwohl wir kurzlebigen Menschen gewohnt sind, alle diese Verhältnisse für unveränderlich zu halten, so lehren doch zahlreiche Tatsachen, daß die bisher geschilderten Eigenschaften der Erde einem unaufhörlichen Wechsel unterworfen waren. In Thüringen wuchsen einstmals Palmen, das Klima von Grönland ließ den Brotfruchtbaum gedeihen, und arktische Muscheln lebten in einer späteren Periode an den Küsten Englands. In den Kalkschichten von Solnhofen sind Meeresfische so wunderbar versteinert, daß man ihren Darminhalt

und die mikroskopische Struktur der Muskeln untersuchen kann. Über 3000 m hoch finden wir Meeresversteinerungen in den Alpen und im Himalaja. Im September 1538 entstand bei Neapel auf dem ebenen Küstenlande ein neuer Vulkanberg (Monte nuovo), und 1897 wurden bei dem Erdbeben in Assam in Nordindien 30 m hohe Bergrücken emporgehoben.

Auch die Zusammensetzung unserer Tierwelt hat sich in historischer Zeit verändert. Im Jahre 1844 wurde das letzte Exemplar eines Tauchervogels (der Alca impennis) erlegt, der früher auf den Inseln des nördlichen Atlantik heimisch war, und von den Millionen von Büffeln, die noch vor wenigen Jahrzehnten die Prärien Nordamerikas belebten, sind nur einige kleine Herden in staatlichen Gehegen gerettet worden.

So hat sich vieles gewandelt, was uns dauernd und bleibend erscheint, und es erhebt sich die Frage: welche Eigenschaften unserer Erde sind vom Augenblick ihrer Entstehung bis zum heutigen Tage unverändert dieselben geblieben?

Das Relief unseres Planeten gehört nicht zu diesen wesentlichen Eigenschaften. Wo früher hohe Gebirge emporragten, ist später ebenes Land entstanden, und die riesenhohen Ketten des Himalaja gehören zu den jüngsten Faltengebirgen der Erde. Ja selbst die Kugelgestalt ist nicht immer vorhanden gewesen; sie ist erst das Resultat langer astrophysischer Verwandlungen. Auch die polare Abplattung von etwa fünf geographischen Meilen hat sich erst allmählich herausgebildet, denn wenn uns die Astronomie lehrt, daß der Tag früher einmal nur vier Stunden lang war, so mußte damals

auch die Abplattung des Rotationsellipsoids wesentlich größer gewesen sein.

Wenn wir erwägen, daß die steinige Lithosphäre nur als eine dünne Haut den großen glühenden Erdball gegen den eiskalten Weltenraum abgrenzt, so werden wir zu der Vorstellung geführt, daß die hohen Temperaturen des Erdinnern dereinst auch die Erdoberfläche beherrschten. Dann aber konnte auch die Hydrosphäre nicht existieren, und organisches Leben war noch weniger möglich. Durch allmähliche Übergänge mußten Pyrosphäre und Atmosphäre verbunden sein und eine untrennbare Einheit bilden. Diese heiße Uratmosphäre muß eine wesentlich andere Zusammensetzung gehabt haben, denn es waren darin die Wasser des ältesten Meeres, die Masse des in den Kohlenlagern aufgespeicherten Kohlenstoffes und viele andere Elemente enthalten, die gegenwärtig am Aufbau der festen Erdrinde beteiligt sind.

Indem wir zugeben, daß die Urerde heißer gewesen ist, ergibt sich nach bekannten physikalischen Gesetzen von selbst, daß sie auch g r ö ß e r war. Jedes Faltengebirge entspricht einem Stück Erdrinde, das für den sich verkleinernden Erdball zu weit wurde und sich deshalb zusammenrunzeln mußte. Wenn wir die Falten des Alpengebirges ausglätten könnten, so würden sie eine um mindestens 50 km breitere Fläche bedecken; andere Faltengebirge ergäben noch höhere Werte.

Man betrachtet oftmals die Lage der Drehungspole und mithin die Verteilung der Klimazonen als ein bleibendes Element unseres Planeten; allein wir kennen geologische Tatsachen, die auf eine andere Lage der Erdachse hindeuten, und die astronomische Beobach-

tung hat sogar in den letzten Jahren eine — wenn auch nur geringe — Polverschiebung nachweisen können.

Auch die wärmeabsorbierende Kraft der Atmosphäre war nicht immer dieselbe wie heutzutage. Solange die Kohlenlager noch nicht gebildet waren, mußte die Luft viel mehr Kohlensäure enthalten, und dadurch ward ihre Absorptionskraft so erhöht, daß die Klimate nach ganz anderen Normen verteilt waren.

Als besonders charakteristisches Merkmal unserer Erde könnte man vielleicht ihre Masse bezeichnen. Aber jeden Tag fallen Meteorstaub und Meteorsteine zur Erde herab, um ihre Masse zu vermehren, während die Bildung des Mondes mit einer Verminderung der Erdmasse verbunden war.

So scheint alles zu schwinden, was uns fest und unveränderlich erschien, und wenn wir nur die im Laufe ihrer Vergangenheit bleibenden Eigenschaften der Erde aufzählen wollen, dann können wir etwa folgendes sagen: Die Erde ist ein kleiner Himmelskörper von wechselnder Masse und Gestalt, der sich um seine Achse dreht und sich gleichzeitig um den Mittelpunkt unseres Planetensystems in einer nahezu kreisförmigen Bahn bewegt. Ihre Geschichte besteht aus zahlreichen, auf lange Äonen verteilten Veränderungen, die anfangs wohl katastrophenartig, dann immer langsamer und gleichmäßiger erfolgten und allmählich zu einer Sonderung der leichteren äußeren Hüllen und des schweren Kernes führten. Indem jene immer mehr von Mond und Sonne beeinflußt wurden, blieb die Wärmeabgabe des irdischen Feuerballes an den Weltenraum die wesentliche Ursache für Änderungen des Gefüges und der Gestalt der Erdrinde. Tag und Nacht, vielleicht auch die

Jahreszeiten sind uralte Erbstücke einer längstverflossenen Urperiode, aber alle anderen Erscheinungen, besonders auch die heutige Verteilung wärmerer und minder warmer Klimagebiete, sind späterer Entstehung.

Die geologischen Kräfte

Hutton gilt als der erste, welcher den Gedanken aussprach, daß man durch die Beobachtung der jetzt noch tätigen geologischen Kräfte die Rätsel der Vergangenheit erklären solle. Aber wenn wir bei ihm lesen, daß am Boden der Tiefsee sehr hohe Temperaturen herrschten, welche vermodernden Seetang zu Kohlenlagern umschmolzen, welche frisch gebildete Salzkristalle zu festem Steinsalz zusammenbuken, so verstehen wir, welch weiter Weg zu durchwandern war von der Konzeption dieses Gedankens bis zu seiner methodischen Verwertung.

Da entstand im Jahre 1806 in der Havel bei Pichelsdorf eine neue Insel und regte K. v. Hoff an, ähnliche Erscheinungen zu registrieren, um damit ein Vergleichsmaterial für die früheren Veränderungen der Erde zu gewinnen. Im Jahre 1822 erschien der erste Band seines preisgekrönten Werkes, das einen Markstein in der Geschichte der Geologie bildet. Noch niemals war mit so klaren Worten die ontologische Methode als Grundlage geologischer Schlußfolgerungen ausgesprochen worden, keiner seiner Vorgänger hatte so umfassende Vorstudien gemacht, um es jedem zu ermöglichen, diese Methode anzuwenden. Im Jahre 1832 erschienen dann die „Principles of Geology“ von Charles Lyell, der zum erstenmal den Hoffschen Gedanken ausführte, allerdings

ohne seinen Vorgänger zu nennen, und damit die hohe Entwicklung der modernen Geologie begründete.

Freilich hat sich unter dem Einflusse von Ch. Lyell allmählich die Vorstellung ausgebildet, als ob alle Vorgänge der Vorzeit sich stets in derselben Weise wie jetzt abgespielt hätten, vielleicht sogar in periodischem Wechsel immer wiederkehrten. Während Cuvier z. B. nur gewaltsame Katastrophen kannte, die in wiederholtem Wechsel alle Lebewesen der Erde vernichteten und eine Neuschöpfung der Organismen bedingten, spielt jetzt der unmerkliche Übergang einer Varietät in die andere eine so wichtige Rolle, daß sich die geologischen Zeiträume über alle Vorstellung hinaus verlängern.

Auch wir sind von der langen Dauer der geologischen Perioden überzeugt, wir glauben nicht an Katastrophen und wunderbare Revolutionen der ganzen Erde, wir betrachten die Entwicklung einer Tierform aus der anderen als die einzige wissenschaftliche Erklärung der paläontologischen Tatsachen. Aber es gab Zeiten, in denen die Zustände der unorganischen Erde sich rasch wandelten und Perioden, in denen nur langsame Änderungen erfolgten. Manche geologischen Ereignisse waren so eigenartig, so seltsam, daß sie sich nicht ohne weiteres nach den Vorgängen der Gegenwart beurteilen lassen, ihre Wirkungen auf die organische Natur waren bisweilen von so tiefgreifender Macht, daß in einem verhältnismäßig kurzen Zeitraume die größten Umgestaltungen der organischen Formen erfolgten.

Mit dieser durch den Fortschritt der Wissenschaft nötig gewordenen Beschränkung halten wir aber die ontologische Methode für die wichtigste Leuchte, um das Dunkel der geologischen Vorzeit zu enthüllen.

So wollen wir jetzt versuchen, die Mannigfaltigkeit der gegenwärtigen irdischen Vorgänge auf ihre großen Kraftquellen zurückzuführen.

Die Erde ist ein Stern und als solcher ein Teil des Sonnensystems; dieses aber ist eine dynamische Einheit. Alle sich in demselben abspielenden Bewegungsvorgänge können ohne Zwang durch die innerhalb des Sonnensystems waltenden Kräfte erklärt werden. Es liegt nicht die geringste Veranlassung vor, die tellurischen Vorgänge auf irgend eine, außerhalb des Sonnensystems herrschende Kraft zurückzuführen; selbst die bisweilen angenommene, verschiedene Temperatur des Weltenraumes ist für die Erklärung geologischer Vorgänge vollkommen entbehrlich.

Wenn unsere Erde als isolierter erkalteter Stern im Weltenraume schwebte, von keinem benachbarten Weltkörper angezogen, von keiner Sonne durch Licht- und Wärmestrahlen übergossen, so würde nur die Schwerkraft auf ihr tätig sein. Diese würde bewirken, daß lockere und weiche Massen von den Höhen zur Tiefe glitten, daß Berge sich langsam erniedrigten, die Täler sich allmählich mit Schuttmassen anfüllten. Bald wäre ein allgemeiner Gleichgewichtszustand erreicht und ewige Ruhe herrschte vom Pol bis zum Äquator, nur gelegentlich unterbrochen von dem Herniederprasseln eines Meteorsteins.

Daß tatsächlich die Erdrinde der Schauplatz beständiger Veränderungen war und ist, liegt an der Einwirkung äußerer und innerer Kräfte, welche der Schwerkraft entgegenarbeiten, und die wir jetzt auf ihre wichtigsten gemeinsamen Ursachen zurückführen wollen.

Unter den irdischen Vorgängen spielen die atmosphä-

rischen Niederschläge die bekannteste Rolle. Schnee und Regen fallen aus der Luft hernieder, Flüsse und Gletscher strömen über das geneigte Gelände und riesige Schuttmassen werden spielend dabei bewegt. Wenn bei einer Überschwemmung des Hoangho eine Million Menschen umkam, wenn der mächtige Wasserfall des Niagara sich eine 10 km lange und 100 m tiefe Schlucht durch feste Steintafeln gegraben hat, wenn ein Bergsturz vor Menschengedenken das Rheintal bei Flims 100 m hoch mit Steinen auffüllte, durch die sich seither der grüne Strom eine enge malerische Schlucht einschnitt, wenn ganz Norddeutschland zur Eiszeit mit einer oft 100 m mächtigen Decke nordischer Gerölle und Sande überschüttet wurde, so sind das Teilerscheinungen der Kräfte, die durch fallende Wassermassen ausgelöst werden; und alle diese mannigfaltigen Phänomene wurzeln in der Sonnenwärme.

In den Wüsten sehen wir haushohe Granitblöcke wie eine Apfelsine in Stücke zerlegt, die durch Temperaturdifferenzen gespalten wurden. In kälteren Gebieten finden wir dieselbe Erscheinung durch die Sprengkraft des Frostes veranlaßt. (Fig. 14.) Andere Granitfelsen zerbröckeln zu einem groben Sande, den der Samum rundet und zu hohen Dünen aufhäuft. Die hierbei herausgeblasenen staubförmigen Teilchen trägt der Wind aus der Wüste heraus und häuft sie in den umgebenden Steppenländern zu 100 m hohen Lößlagern auf.

Aber mit der Wärme kommen ungeheure Strahlenbündel von Licht zu uns, die ebenfalls auf unserem Planeten wunderbare Wirkungen ausüben.

Sobald der Winter sein Ende erreicht, verändert sich in unseren Breiten das Landschaftsbild durch das Wach-

sen, Grünen und Blühen der Pflanzen. Wenn wir uns klar machen, welche Gewalt es erfordert, einen großen Baum wachsend über den Erdboden zu erheben, welche Kräfte bei der Entfaltung der Blätter und Zweige frei werden, welche Energie die zahllosen Tiere auslösen,

Fig. 14. Glazialer Granitblock vermutlich durch Frosteinwirkung gespalten.

vom Flügelschlage des Schmetterlings bis zum Sprunge des Löwen, dann können wir ahnen, welche Kräfte die Biosphäre als Ganzes genommen entfaltet. Und wenn wir 500 m hohe Kalkfelsen von Korallen und anderen kalkabscheidenden Tieren und Pflanzen gebildet sehen, oder die Kohlenlager ins Auge fassen, welche in uralten Zeiten den Erdschichten eingeschaltet wurden, dann

erkennen wir die geologische Bedeutung des organischen Lebens. Aber alle diese Vorgänge werden und wurden eingeleitet durch die Kohlensäure-Assimilation grüner Pflanzen, und da diese nur unter dem Einflusse der Lichtstrahlen zustande kommt, so sind alle organischen Bewegungen und Wirkungen eine Folge des Sonnenlichtes.

In der Gegenwart spielt die Ebbe und Flut des Meeres eine zwar bemerkenswerte, aber doch nur geringfügige Rolle im Wechselspiel der tellurischen Veränderungen. Anders war es in der Urzeit, als sich die Erde rascher um ihre Achse drehte, der Mond ihr näher stand und der irdische Tag statt 24 Stunden nur 4 Stunden lang war.

Indem sich die Zenit- und die Nadirflut des Mondes und der Sonne auf der bewegten Erde reiben, wird die Rotation unseres Planeten verlangsamt und der Tag verlängert. Bei Sturmfluten werden gewaltige Kräfte ausgelöst. Donnernd bricht sich die Welle am Gestade, unterwühlt die Felsenküste, zerreißt die Dünen und überflutet die durch sie geschützten Niederungen. Alle damit zusammenhängenden geologischen Veränderungen werden also durch kosmische Massen beeinflußt, und so tritt die Anziehung von Mond und Sonne in die Reihe der großen geologischen Kräfte.

Von grundlegendem Einflusse auf die Wirkungsweise aller bisher betrachteten Vorgänge ist die Stellung der Erdachse im Sonnensystem. Die Licht- und Wärmestrahlen der Sonne treffen in paralleler Richtung auf die Erdoberfläche, und während sie am Äquator ihre ganze Kraft entfalten können, mindert sich diese mit zunehmender geographischer Breite. Durch die schiefe Stellung der Erdachse gegenüber der Sonnenbahn

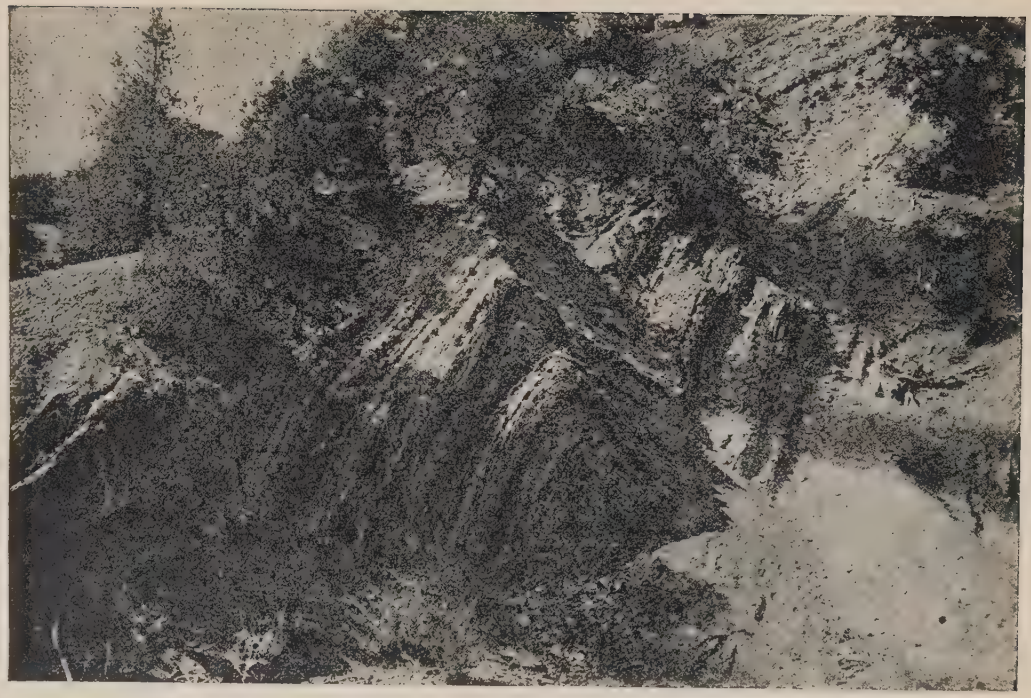


Fig. 15. Zu einem Sattel gefaltete Schieferschichten der borattragenden Reihe.

(Ekliptik) wird abwechselnd ein halbes Jahr lang die nördliche und dann die südliche Halbkugel mit einer größeren Menge von Sonnenwärme bedacht. Während die Schiefe der Ekliptik jetzt 23° beträgt, war sie um das Jahr 29,400 v. Chr. sogar 27° und um 14 400 v. Chr. nur 21°.

Wo wir Gelegenheit finden, das Gefüge der Erdrinde zu untersuchen, beobachten wir vielfach eigentümliche Faltenbiegungen (Fig. 15). In den Hochgebirgen und den Gebieten der sogenannten kristallinischen Schiefer liegen diese Falten zutage, oft sind sie tief unter horizontalen Gesteinsdecken verborgen, aber fast überall können wir im Grundgebirge den Faltenbau erkennen. Wir wissen, daß die gefalteten Schichten einstmals horizontale Bänke und Decken bildeten, daß zu verschiedenen Zeiten bald hier, bald dort die Erdrinde zusammengeschoben wurde; und wenn wir alle diese Falten ausglätten könnten, so würden sie vielleicht reichen, um mit dieser Erdrinde zwei Kugeln vom Durchmesser der heutigen Erde zu umspannen.

Diese Tatsachen beweisen, daß die Erdkugel einst größer war, und daß ihr das Rindenkleid angemessen wurde zu einer Zeit, als sie einen viel größeren Durchmesser besaß. Eben so sicher erscheint es aber, daß eine Zusammenziehung des Erdballes durch die ganze Dauer der geologischen Perioden hindurch erfolgt ist. Erdbeben und Gebirgsbildung, die Entstehung von Spalten und Klüften, Hebung und Senkung, Verschiebungen und Überschiebungen — alles dies hängt mit dem Schrumpfungsprozesse der Erdkugel ursächlich zusammen.

Der Weltenraum ist eisig kalt. Schon bei Ballonfahrten im Sommer hat man in einer Höhe von 12 km

Temperaturen von −60° beobachtet, und es ist wahrscheinlich, daß die Wärme des Weltenraumes sich noch viel weiter vom Nullpunkte entfernt. Der von einer dünnen Steinhaut umgebene Erdball aber enthält einen ungeheuren Vorrat an Wärme. Selbst wenn die Erdrinde überall eine Temperatur von −60° zeigte, so würde trotzdem noch die Temperaturdifferenz gegen den Weltenraum mehr als 100° betragen. Wenn, wie manche glauben, diese Wärmeabgabe mit der Umbildung radioaktiver Substanzen zusammenhängt, so ändert das doch nichts an der Tatsache, daß unsere Erde heute, ebenso wie in der Vorzeit, überall und beständig Wärme verliert.

Wärmeverlust ist gleichbedeutend mit Volumverminderung. Wohl hat Ritter gezeigt, daß eine durch Wärmeverlust sich zusammenziehende Gaskugel — und gasförmig ist wohl der Erdkern — wärmer wird; aber die Volumverminderung bleibt bestehen, und indem wir sie als die eigentliche Ursache des Faltungsprozesses betrachten, erkennen wir in der Wärmeabgabe des Erdkernes an den Weltenraum eine großartige geologische Kraft.

Die Entstehung der Vulkane, der Thermen, der Geysire und Mofetten steht in so engem Zusammenhange mit dem Gebirgsbildungsprozesse, daß wir auch hier auf dieselbe Kraftquelle geführt werden.

Es gibt Perioden, wo das Meer seine Grenzen verläßt, unaufhaltsam gegen die Küsten drängt und langsam ganze Kontinente überschreitet. Auf Ablagerungen mit festländischen Pflanzen und Tieren folgen dann im geologischen Profile marine Gesteine voll von den Schalen einstiger Meeresbewohner, oder die Sedimente einer

eng begrenzten Meeresbucht werden überlagert von weit ausgedehnten Deckschichten der folgenden Periode. Man bezeichnet dieses Eindringen des Ozeans nach dem Festlande als Transgression und die entsprechenden Rückzugserscheinungen als Regression. Viele Geologen sehen die Ursache dieser Phänomene in einer aktiven Bewegung des flüssigen Elements. Von rätselhaften Kräften angezogen, soll das Meer seine Tiefen und seine Grenzen ändern und bald erobernd gegen das Festland vordringen, bald in langsamem Rückzuge seinen Boden an das Tageslicht bringen und neue Länder schaffen. Viele sogenannte Transgressionen sind nichts weiter als tiergeographische Wanderungen einzelner Faunen oder sogar nur Veränderungen des Salzgehaltes litoraler Gewässer; aber auch wenn wir solche Fälle ausschalten, bleiben noch immer eine ganze Reihe „echter" Transgressionen des Ozeans übrig.

Wir neigen uns der älteren Auffassung zu, die als die Ursache der Transgressionen langsame flache Aufwölbungen oder Hinabbiegungen der unter den größeren Meeresbecken liegenden Stücke der Erdrinde betrachtet. Es wäre doch sehr seltsam, wenn zwei Drittel der Erdkugel nur deshalb keinerlei Bewegungen erlitten, weil darüber eine Schicht leichten Meerwassers steht, während wir doch auf allen Festländern sehen, daß Schichtenstöße fester, schwerer Gesteine von 3000 und mehr Metern Mächtigkeit spielend durch den Faltungsvorgang gebogen und gehoben werden konnten.

Wenn wir zum Schlusse alle bisher betrachteten geologischen Veränderungen unseres Planeten mit Rücksicht auf die ihnen zugrunde liegenden Kraftquellen zusammenstellen sollen, so ergibt sich folgendes Bild:

Meteorfälle, Bergstürze, Sedimentbildung, Oszillation der Strandlinie usw. bedingt durch die Schwerkraft der Erde.

Gezeiten, Sturmfluten, Verlängerung des Tages, Nutation, Präzession (Schwankungen der Erdachse?) bedingt durch Anziehung von Sonne und Mond.

Physikalische Verwitterung, Kreislauf des Wassers, Winde, Meereswellen, Strömungen, Regen, Schnee, Flüsse, Gletscher, Verdampfung von abflußlosen Becken usw. bedingt durch die Wärmestrahlen der Sonne.

Organisches Leben, Leitfossilien, Kalkbildung, Dolomit, Kohle bedingt durch die Lichtstrahlen der Sonne.

Gebirgsbildung, plutonische Herde, Vulkane, Thermen, viele Transgressionen und Regressionen, säkulare Hebung und Senkung großer Flächen, vielleicht auch Polverschiebungen bedingt durch die Wärmeabgabe der Erde an den Weltenraum.

Durch das Wechselspiel dieser Kräfte entsteht jene kaum zu übersehende Mannigfaltigkeit der geologischen Vorgänge in der Gegenwart, und wir sind der Überzeugung, daß auch in der geologischen Vorzeit keine anderen Kräfte tätig waren.

METEOROLOGIE

Ergebnisse der Aerologie

Es sind gegenwärtig gerade 20 Jahre verflossen, seitdem der modernste Zweig der meteorologischen Wissenschaft, die Aerologie, begründet wurde. Ihr Name ist sogar erst ganz vor kurzem geprägt worden. Während man früher auf Beobachtungen am Erdboden angewiesen war, geht dieser neue Forschungszweig darauf aus, Beobachtungen aus den höheren Luftschichten zu gewinnen, und das Ziel, das hier angestrebt wird, ist eine dauernde Überwachung des ganzen Profils der Atmosphäre.

Bevor wir den Versuch machen, einen Überblick über die Ergebnisse dieser Forschungen zu geben, mögen noch einige Worte über die Methode oder eigentlich die Methoden Platz finden.

Auf drei verschiedene Weisen läßt es sich nämlich erreichen, daß wir unsere vollständige meteorologische Station in höhere Schichten der Atmosphäre hinauf verlegen, ohne, wie bei den Bergobservatorien, doch noch am Boden zu kleben. Diese drei Methoden sind die des bemannten Freiballons, ferner die der Fesselaufstiege mit Registrierinstrumenten (Drachen und Fesselballone), und drittens die der kleinen, frei aufgelassenen Ballone mit Registrierinstrumenten, welche nach dem Herabfallen vom Publikum aufgefunden und zurückgesandt werden (hierfür werden jetzt überall die

*Assmann*schen Gummiballone benutzt, die sich beim Aufsteigen immer mehr ausdehnen und in der größten Höhe schließlich platzen).

Die älteste, weil nächstliegende Methode, war die, bei welcher der Beobachter sich mit seinem ganzen Instrumentarium an Bord eines Freiballons begibt und nun oben seine Ablesungen selber vornimmt. Daher wurde auch die erste größere Reihe von wissenschaftlich wertvollen Beobachtungen im Freiballon erhalten; es sind dies die von *Assmann* ins Werk gesetzten 65 Berliner Ballonfahrten. Die Ergebnisse dieser 65 Fahrten sind von *Assmann* und *Berson* im Jahre 1900 herausgegeben worden und bildeten lange Zeit ein Werk von fundamentaler Bedeutung.

Die verschiedenen Methoden besitzen auch verschiedene Meßbereiche in bezug auf die Höhe. Der höchste Aufstieg im Freiballon wurde am 31. Juli 1901 von *Berson* und *Süring* unternommen und führte bis zur Höhe von 10.800 *m*, welche wohl die äußerste Grenze darstellt, die dem Menschen überhaupt erreichbar ist.

Heute werden nur noch selten Freiballonaufstiege zu dem Zwecke unternommen, eine „meteorologische Station" in größere Höhe hinauf zu verlegen; dazu dienen jetzt die im folgenden zu besprechenden Methoden, welche mit geringerem Kostenaufwande verbunden sind. Dagegen bildet der Freiballon, nach wie vor, die einzige Methode für alle Spezialuntersuchungen, weil es für diese meist keine selbstregistrierenden Instrumente gibt.

Die zweite Methode, die der Drachen und Fesselballone mit Registrierinstrumenten, ist naturgemäß viel weniger kostspielig. Sie umfaßt allerdings einen etwas geringeren Höhenbereich. Der höchste bisherige Dra-

chenaufstieg reicht nämlich nur bis etwa 7000 *m* (im Jahre 1908 am Mount Weather-Observatorium in Amerika geglückt) und die große Mehrzahl endigt bereits unterhalb 4000 *m* Höhe.

Auf unserer Fig. 16 sieht man einen der hierzu verwendeten Kastendrachen, in welchem am vorderen Ende das Registrierinstrument hineingebunden wird. Der

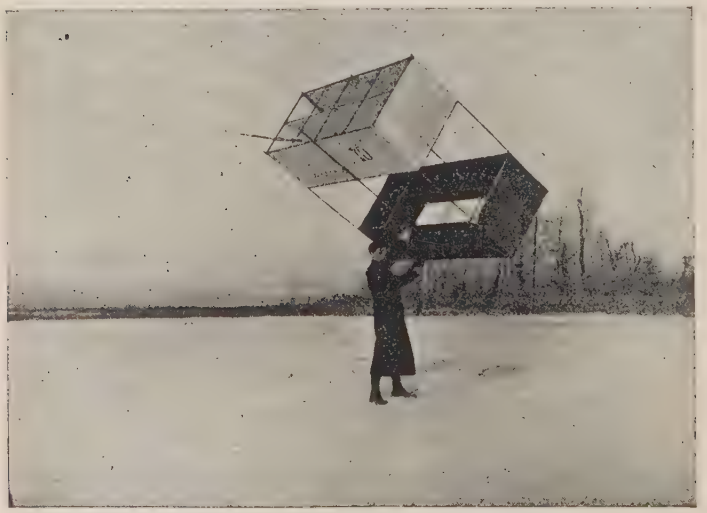


Fig. 16. Aufstieg eines Kastendrachens.

Drachen ist mit Schnüren an der Halteleine (aus Klaviersaitendraht) befestigt.

Zu höheren Aufstiegen werden große Materialmengen verwendet; so hatte ich während meiner Tätigkeit am Lindenberger Observatorium gelegentlich eines Aufstiegs auf 6400 *m* Höhe nicht weniger als 7 Drachen mit ca. 18 *km* Draht „draußen".

Wenn die Drachen wegen Windstille nicht steigen, bedient man sich kleiner Fesselballone, meist von 20 m^3 Inhalt, von denen gleichfalls mehrere nacheinander an dem Haltedraht befestigt werden können.

Die dritte Methode ist, wie erwähnt, die der freifliegenden Gummiballone. Anfangs benutzte man Papierballone, was sich jedoch deswegen als ungeeignet herausgestellt hat, weil diese in der größten Höhe lange Zeit zu schwimmen pflegen. Bei den von *Assmann* eingeführten Gummiballonen wird dies durch das Platzen verhindert, nach welchem das Registrierinstrument mit Hilfe eines Fallschirms sanft herabsinkt. Diese Methode hat einen viel größeren Meßbereich als die vorangehenden. Die größte mit ihr erreichte Höhe beträgt 29 *km*, und Höhen von 26 und 27 *km* sind bereits mehrfach erzielt worden.

Das Registrierinstrument ist dasselbe wie das bei den Drachenaufstiegen gebrauchte, ein sogenannter Meteorograph, der eine vollständige kleine meteorologische Station darstellt, wo alle Instrumente, Barometer, Thermometer, Hygrometer und Anemometer, auf ein und derselben Registriertrommel, die durch ein Uhrwerk gedreht wird, ihre Kurven aufzeichnen.

Fig. 17 zeigt einen derartigen Meteorographen. Die oberste Feder steht in Verbindung mit einem Windrädchen (oben rechts) und registriert die Windgeschwindigkeit; die zweite Feder registriert die Feuchtigkeit und wird durch ein Haarbündel bewegt, welches (in der Figur nicht sichtbar) vertikal im Innern der halben Röhre angebracht ist. Die dritte Feder steht durch einfache Hebelübertragung mit der etwas gekrümmten Doppelmetall-Lamelle (rechts unten) in Verbindung, die

aus zwei aufeinander gelöteten Metallen von verschiedenem Ausdehnungskoeffizienten besteht und sich daher je nach der Temperatur mehr oder weniger krümmt. Die unterste Feder endlich schreibt die Luftdruckkurve und wird bewegt durch die beiden luftleeren Blechdosen, die unten in der Mitte der Figur sichtbar sind. Denn bei abnehmendem Luftdruck dehnen sich dieselben

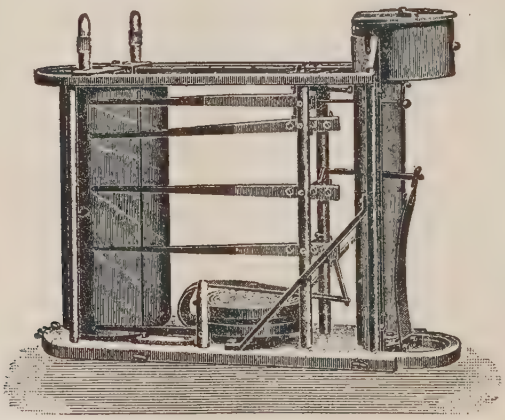


Fig. 17. Meteorograph nach Kleinschmidt.

elastisch aus. Wie die auf diese Weise erhaltenen Registrierungen aussehen, soll weiter unten gezeigt werden.

Wir wollen nun im folgenden versuchen, einen flüchtigen Überblick über die Ergebnisse dieser neuen Forschungsrichtung zu geben.

Während die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe zuerst theoretisch postuliert und daraufhin erst durch die Beobachtung nachgewiesen wurde, konnte man die

Tatsache, daß auch die Lufttemperatur mit der Höhe abnimmt, nicht sogleich erklären. Dies gelang erst, als *Thomson* gezeigt hatte, daß eine von der Erde emporsteigende Luftmenge vermöge der hierbei auftretenden Expansion eine immer niedrigere Temperatur annehmen muß. Es läßt sich aus den Gasgesetzen leicht nachweisen, daß diese Abkühlung fast genau 1° pro 100 *m* Erhebung betragen muß. Das Umgekehrte, nämlich eine Erwärmung, geschieht beim Herabsinken. Da nun fortwährend solche vertikalen Luftströme vorhanden sind, so schloß *Thomson*, daß die Atmosphäre in idealem Zustande nicht, wie man früher geglaubt hatte, überall dieselbe Temperatur aufweisen müsse, sondern daß die Temperatur in ihr pro 100 *m* Erhebung um 1° abnehmen müsse. Er nannte diesen Zustand das konvektive Gleichgewicht der Atmosphäre, weil es nämlich bei einer vollkommenen vertikalen Durchmischung (Konvektion) resultieren würde. Diese Ideen wurden dann von *Helmholtz* weitergeführt und sind namentlich durch *Bezold* in die Meteorologie eingebürgert worden.

Aber wie verhalten sich hierzu die Beobachtungen? Bereits die erste größere Reihe exakter Messungen, die vorerwähnten 65 Berliner Ballonfahrten, noch mehr aber die Tausende von Drachenaufstiegen und Registrierballonaufstiegen, die später ausgeführt wurden, zeigen auf das deutlichste, daß diese theoretische Temperaturabnahme in Wahrheit auch nicht entfernt erfüllt ist. Ich habe die wichtigsten bisher vorliegenden Beobachtungsreihen zu einer mittleren Temperaturabnahme mit der Höhe vereinigt, welche durch die folgende Fig. 18 dargestellt wird. Die Höhe ist hier nach oben, die Temperatur nach rechts wachsend abgetragen, so daß die

Kurve ohne weiteres die mittlere Temperatur in jeder Höhe abzulesen gestattet. Auf das sehr merkwürdige

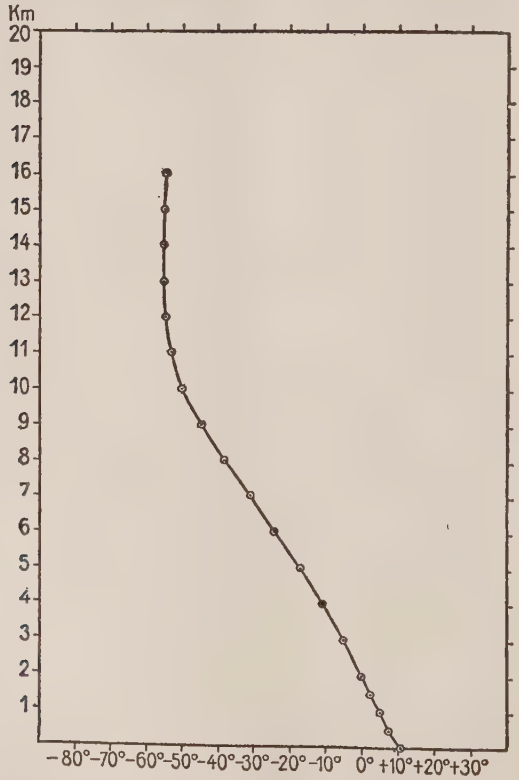


FIG. 18. Mittlere Zustandskurve der Atmosphäre.

Umbiegen dieser Kurve bei etwa 11 *km* Höhe wird später ausführlich eingegangen werden.

Der darunter liegende Teil der Kurve, der für uns zunächst in Frage kommt, besitzt eine schwache S-för-

mige Krümmung, die dadurch zustande kommt, daß das Temperaturgefälle im allgemeinen nach dem Erdboden zu immer schwächer wird, in der untersten Luftschicht jedoch wieder etwas zunimmt. Über diese letztere Verstärkung des Gefälles in den erdnahen Schichten haben sich manche Diskussionen entsponnen, teils über ihre Realität, teils über ihre Ursache. Heute kann an ihrer Realität wohl nicht mehr gezweifelt werden, und als Ursache ist man geneigt, die Reibung der Luft am Erdboden und die dadurch zwangsweise erzeugte vertikale Durchmischung dieser Schichten, zu betrachten.

Da das Verhältnis der Maßstäbe in der Figur gerade so gewählt ist, daß 100 *m* auf der Höhenskala ebenso groß sind wie 1° auf der Temperaturskala, so sieht man, daß dem oben erwähnten konvektiven Gleichgewicht von *Thomson* eine Gerade entsprechen würde, die unter 45° geneigt ist. Die wirkliche Zustandskurve ist viel steiler, oder mit anderen Worten, die wirkliche Temperaturabnahme ist viel geringer.

Anfangs glaubte man, daß dieser Widerspruch zwischen Beobachtung und Theorie sich lösen würde, wenn man bei letzterer den Einfluß der Wolkenbildung berücksichtigte. Die *Thomson*sche Betrachtung gilt nämlich eigentlich nur für herabsinkende Luft; beim Aufsteigen dagegen kühlt sich die Luft nur so lange nach dem *Thomson*schen Gesetze ab, bis der „Taupunkt" erreicht ist, und die Wolkenbildung beginnt; nunmehr wird für jede weiteren 100 *m* ein gewisses Quantum Wasser in tropfbar-flüssiger Form als Wolke ausgeschieden, und damit wird eine gewisse Wärmemenge frei (die „latente Verdampfungswärme"), so daß die weitere

Abnahme der Temperatur zwar nicht verhindert, aber doch verringert wird. In der Hauptwolkenzone würde die Temperaturabnahme in aufsteigender Luft hiernach nur noch etwa 0·6° betragen, in größeren Höhen aber sich immer mehr dem Werte 1·0° pro 100 *m* nähern.

Obwohl der Sinn dieser Verbesserung nach der richtigen Seite geht, so ist sie doch gänzlich unzureichend, die Beobachtungen zu erklären, denn diese geben statt 0·8° nur etwa 0·5° pro 100 *m*.

Es hat sich nun gezeigt — und damit kommen wir zu einer der großen Entdeckungen, welche die Aerologie aufzuweisen hat — daß die Ursache dieser allgemeinen Schwächung des Temperaturgefälles in dem Auftreten von eigentümlichen Schichtgrenzen oder Diskontinuitätsflächen zu suchen ist. Diese Erscheinung zeigt sich meist in der Weise, daß der Drachen beim Passieren einer solchen horizontalen Schichtgrenze von unten nach oben eine plötzliche Temperaturzunahme, eine ebenso plötzliche Änderung der Windgeschwindigkeit und starken Fall der relativen Feuchtigkeit registriert. Man hat für diese Diskontinuitätsflächen den Namen „Inversionen", d. i. Umkehrungen des Temperaturgefälles, eingeführt, da man in den häufigen Fällen, wo dieselben etwas verwaschen sind, innerhalb eines kurzen Höhenintervalles in der Tat eine Umkehrung des normalen Temperaturgefälles, d. h. eine Temperaturzunahme mit der Höhe, beobachtete. Diese Inversionen pflegen eine große horizontale Erstreckung zu haben und stellen offenbar die Grenzfläche zwischen zwei verschieden temperierten, verschieden feuchten und verschieden bewegten Luftschichten dar. Jede Oberfläche eines „Wolkenmeeres" repräsentiert eine derartige Schicht-

grenze; löst das Wolkenmeer sich aber auf, so bleibt die Schichtgrenze, wenn auch unsichtbar, erhalten, den Registrierinstrumenten nach wie vor durch die sprunghafte Änderung der genannten Elemente bemerkbar. Die Größe des Temperatursprunges variiert zwischen 0 und etwa 20°, am häufigsten dürfte etwa 2° vorkommen. Oft sind sechs oder noch mehr solcher Sprungflächen in den untersten 10 Höhenkilometern anzutreffen; da ihre Höhenlage und ihr ganzes Auftreten starkem Wechsel unterworfen ist, so verteilt sich ihr Einfluß auf das mittlere Temperaturgefälle über diesen ganzen Höhenbereich und ruft so die allgemeine Schwächung desselben hervor.

Die beifolgende Fig. 19 zeigt eine Drachenregistrierung, bei welcher der Drachen eine solche Inversion passiert hat.

Ganz oben sieht man die Registrierung der Windgeschwindigkeit. Je enger die Zacken der Registrierung stehen, um so größer ist die Geschwindigkeit. Die darunter stehende Kurve gibt die Temperatur, und die folgende den Luftdruck, welcher hier lediglich zur Höhenbestimmung dient und unmittelbar ein allerdings umgekehrtes Bild von den Höhen liefert, in denen sich das Registrierinstrument befunden hat. Das horizontale Anfangsstück am linken Ende der Kurve entspricht den Vorbereitungen des Aufstieges, während welcher das Instrument sich am Erdboden befand. Der darauf folgende steile Abfall wird gebildet durch den Aufstieg des Drachens bis zur Höhe von etwa 600 *m*. In dieser Höhe hält sich dann der Drachen stundenlang mit nur geringen Schwankungen. Hier lag nämlich eine Schichtgrenze, oberhalb deren die Windgeschwindigkeit geringer

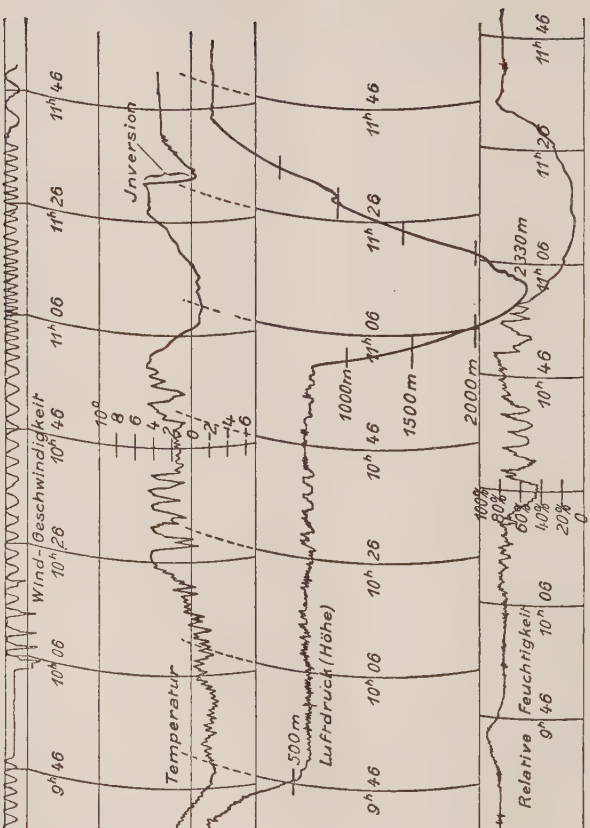


FIG. 19. Drachenregistrierung einer Inversion (am 25. Oktober 1910 an der Drachenstation der Deutschen Seewarte in Hamburg erhalten).

war und nicht mehr ausreichte, um den Drachen weiter steigen zu lassen. Erst um 11 Uhr, als mit dem Einholen des Drahtes begonnen wurde, segelte der Drachen infolge dieser künstlichen Windverstärkung an, wie aus dem nun folgenden starken Abfall der Druckkurve zu ersehen ist, und erreichte auf diese Weise am tiefsten Punkt der Druckkurve die Höhe von 2330 *m*.

Betrachtet man die Temperaturkurve, so erkennt man hier an der genannten Schichtgrenze einen Temperatursprung von etwa 5°, welcher besonders schön beim Herabholen des Drachens registriert wird. Während des Aufstiegs, bei welchem der Drachen mit nur geringen Höhenschwankungen an der Schichtgrenze schwamm, sieht man eine Reihe außerordentlich starker Temperaturschwankungen aufgezeichnet, welche dadurch erzeugt wurden, daß der Drachen, abwechselnd in die obere warme Schicht hineinsegelte und wieder in die untere kalte Schicht zurückfiel.

Vergleicht man hiermit endlich die ganz unten aufgezeichnete Feuchtigkeitskurve, so erkennt man leicht, daß die obere warme Schicht relativ trocken, die untere kalte relativ feucht war; die hier registrierten Schwankungen der Feuchtigkeit entsprechen in allen Einzelheiten den Schwankungen der Temperatur.

Über das Wesen und die Entstehung dieser merkwürdigen Schichtgrenzen tappen wir gegenwärtig noch fast ganz im Dunklen. Die Vermutungen, welche bisher über diesen Punkt ausgesprochen sind, sind alle noch nicht völlig befriedigend. *Köppen* hat die Ansicht geäußert, daß diese Inversionen die lamellenartig dünnen Überreste von einst mächtigen Schichten darstellen, welche sich immer mehr ausgeflacht haben. Doch ist es auch

denkbar, daß die Ursache der Schichtgrenzen in Bewegungsunterschieden der Luft zu suchen ist, vermöge welcher sich Gleitflächen ausbilden. Sobald nämlich erst einmal ein solcher Bewegungsunterschied vorhanden ist, wird sich von selbst auch ein Temperatursprung einstellen, da die Luftmengen, welche nun übereinander zu liegen kommen, aus verschiedenen Gegenden herstammen. Ich habe auch darauf hingewiesen, daß die Verteilung der Wolken nach Wolkenetagen auch für die Schichtgrenzen gültig sein muß, weil eben die Wolkenoberflächen derartige Schichtgrenzen repräsentieren. Indessen haben alle diese Untersuchungen noch nicht zu Resultaten geführt, welche allgemein anerkannt wären, und die Klärung dieses Problems der Inversionen bleibt daher im wesentlichen noch der Zukunft vorbehalten.

Bei der Betrachtung der mittleren Zustandskurve (Fig. 18) fällt vor allem die Tatsache auf, daß die Temperaturabnahme überhaupt bei etwa 11 *km* Höhe vollständig aufhört, und die darüberliegenden Schichten alle die gleiche Temperatur, im Mittel etwa $-55°$ C, aufweisen. Erst im Jahre 1902 wurde gleichzeitig von *de Bort* in Paris und *Assmann* in Berlin diese Entdeckung mit Hilfe der Registrierballone gemacht. Nach *de Borts* Vorschlag bezeichnet man den unteren Teil der Atmosphäre, innerhalb dessen die Temperatur mit der Höhe abnimmt, als Troposphäre und die darüber liegenden Schichten als Stratosphäre.

Bis zur Höhe von 29 *km* — soweit haben diese Experimente bisher geführt — hat man dieselben Verhältnisse unverändert vorgefunden, und wir haben Grund zu der Annahme, daß auch die noch nicht erreichten Schichten oberhalb dieser Höhe keine wesentliche Änderung der

Temperatur mehr zeigen werden. Man kann nämlich leicht einsehen, daß eine so breite Schicht konstanter Temperatur, die mindestens von 11 bis 29 *km* Höhe reicht, allen aufsteigenden Luftströmen ein Ende setzen muß, und daher von der vertikalen Durchmischung, welche zu einer Temperaturabnahme mit der Höhe führt, ausgeschlossen sein muß; denn nach dem *Thomson*schen Gesetz müßte man die Luft bei 11 *km* Höhe (wo ja in Wahrheit Temperaturen zwischen $-50°$ und $-60°$ herrschen) auf $+180°$ erhitzen, damit sie die darüberliegenden isothermen Schichten durchsteigen und bei 29 *km* ins Gleichgewicht kommen sollte!

Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich diese oberen Schichten im Zustand des Strahlungsgleichgewichts befinden, daß ihre Temperatur sich also nur bei einer Änderung der Sonnenstrahlung ändern kann. Da diese Strahlungsverhältnisse für die verschiedenen Höhen so gut wie dieselben sind, so muß auch die Temperatur überall nahezu die gleiche sein.

Man hat nicht sofort die Bedeutung dieser fundamentalen Schichtgrenze der Atmosphäre bei 11 *km* klar erkannt. Im Anfange glaubte man, daß die Luftmassen oberhalb derselben ein Glied der sogenannten Gesamtzirkulation zwischen Pol und Äquator darstellten, und daß sich das Fehlen der weiteren Temperaturabnahme auf den äquatorialen Ursprung dieser Luftmassen zurückführen ließe. Gestützt wurde diese Vermutung, als *Hergesell* in den Tropen auch bei 15 *km* Höhe noch keine Spur dieser Schichtgrenze fand. Erst nach und nach rang sich die Überzeugung Bahn, daß dieselbe geschlossen die ganze Erde umspannt, daß aber ihre Höhe vom Pol zum Äquator sich ungefähr verdoppelt. In Paw-

lowsk (60° Breite) wurde sie im Mittel bei 9·6 *km* gefunden, in München (48° Breite) bei 10·9 *km*, in Nordamerika unter 38° bei 12 *km*, und vor kurzem ist sie durch *Berson* und *Elias* auch im äquatorialen Gebiet, nämlich über dem Viktoria-Nyanza (1° Südbreite) in der Höhe von 16–17 *km* nachgewiesen worden. Es kann gegenwärtig kaum noch ein Zweifel mehr darüber bestehen, daß diese Schichtgrenze die ganze Erde umspannt, und daß die über ihr liegenden Schichten von allen Vertikalbewegungen und also auch von der „Gesamtzirkulation", die man sich früher stets bis zur äußersten Grenze der Atmosphäre fortgesetzt dachte, ausgeschlossen sind.

Die obersten Wolken, die Cirren (Fig. 20), liegen bei etwa 10–11 *km* Höhe, gerade am oberen Ende der Troposphäre, und alles, was wir unter dem Begriff Wetter zusammenfassen, spielt sich daher in der letzteren ab, insbesondere auch die großen atmosphärischen Wirbel, die sogenannten Zyklonen und Antizyklonen. Wir sind auf diese Weise zu der Hoffnung berechtigt, daß es mit Hilfe dieser Forschungen, wenn auch wohl erst nach langer mühseliger Arbeit, gelingen wird, den wahren Sachverhalt bei den beiden großen Grundphänomenen der Meteorologie, nämlich der das Klima bedingenden Gesamtzirkulation und den das Wetter bedingenden zyklonischen Luftwirbeln, festzustellen.

Fortschritte der Wolkenkunde

Durch die neuerdings immer zahlreicher ausgeführten Ballonfahrten ist unsere Kenntnis von den Formen der Wolken außerordentlich erweitert worden; während der an die Erde gebannte Beobachter nur zu oft einen gleich-

.Fig. 20. Cirruswolken mit Fallstreifen.

mäßig grauen Himmel ohne jede Spur von Detail sieht, ändert sich das Bild mit einem Schlage, sobald er sich im Ballon über die Wolkenschicht erhebt. Denn nur an der Oberfläche haben diese Schichtwolken scharfe Begrenzungen und markante Formen. Mit dem uns früher unzugänglichen Element, dem Luftozean wird man immer mehr vertraut. Durch unmittelbare Anschauung, ohne komplizierte Messungen, wird ein Material gewonnen werden und ist teilweise schon jetzt gewonnen, welches es uns ermöglichen wird, nach und nach an Stelle des früheren „künstlichen" Systems der Wolken ein „natürliches" zu setzen, welches die Wolken nicht nur so beschreibt, wie sie von der Erde aus erscheinen, sondern wie sie sind.

Bevor wir aber auf die Formen der Wolken eingehen, müssen wir zunächst bei der prinzipiellen Frage verweilen, was denn die Ursache der Wolkenbildung überhaupt ist.

Schlägt man ältere Lehrbücher der Meteorologie auf, so findet man noch vielfach für die Wolkenbildung die von *Hutton* im Jahre 1784 gegebene Erklärung. *Hutton* ging von der allbekannten Beobachtung aus, daß der menschliche Atem bei strenger Kälte sichtbar ist. Da diese Wolkenbildung im kleinen offenbar auf die Mischung der warmen Luft aus der Lunge mit der kalten Außenluft zurückzuführen ist, so schloß *Hutton*, daß auch die Wolkenbildung in der Atmosphäre stets durch Mischung warmer und kalter Luftmassen zustande käme. Diese Annahme wurde erst durch eine Reihe sehr sorgfältiger Untersuchungen der bedeutendsten Meteorologen als unzutreffend erkannt. Es läßt sich nämlich zeigen, daß die Bedingungen für das Zustandekommen

einer solchen Mischungstrübung ganz außerordentlich enge sind, und daß sie obendrein von der Art sind, wie sie in der Atmosphäre, soweit unsere Kenntnisse reichen, noch nie beobachtet wurden. Diese Erklärung mußte also als unzulänglich aufgegeben werden.

Es gibt jedoch noch einen anderen Vorgang, welcher gleichfalls zu einer Ausscheidung des unsichtbaren, in der Luft vorhandenen Wasserdampfes führt, nämlich die Expansion; und diese Expansion tritt in der Atmosphäre ganz außerordentlich häufig ein, da die Luft bei jedem Aufsteigen in geringeren Luftdruck kommt und sich daher ausdehnen muß. In der Tat hat sich immer deutlicher gezeigt, daß die Wolkenbildung in der Atmosphäre fast oder sogar ganz ausschließlich in dieser Weise auf die Expansion beim Aufsteigen zurückzuführen ist.

Es ergeben sich indessen noch verschiedene Schwierigkeiten, sobald man den Vorgang der Wolkenbildung etwas schärfer ins Auge faßt. Man hat nämlich bemerkt, daß in sorgfältig von Staub gereinigter Luft selbst bei starker Expansion k e i n e Wolkenbildung eintritt. Es bildet sich dann nur ein Niederschlag an den Wänden des Gefäßes, aber im Inneren desselben bleibt die Nebelbildung aus. Wenn man allerdings die Expansion immer weiter fortsetzt, so gelangt man schließlich an eine Grenze, bei welcher nun doch wieder ein Nebel auftritt, der sehr merkwürdige physikalische Eigenschaften besitzt. Er ist nämlich elektrisch geladen, und es läßt sich zeigen, daß sich hier der Wasserdampf statt an den gewöhnlichen Kernen an den stets in der Luft vorhandenen Ionen niedergeschlagen hat. Man hat eine Zeitlang geglaubt, daß diese Kondensation an Ionen bei den Gewitterwolken der Atmo-

sphäre eine Rolle spielt, und daß auf diese Weise die Gewitterelektrizität erzeugt würde. Indessen hat man diese Ansicht bald wieder aufgeben müssen, da man sich überzeugte, daß das Auftreten dieser merkwürdigen Wolkenbildung an so exzessive Bedingungen geknüpft ist, wie sie nach unseren Beobachtungen selbst in Gewitterwolken bei weitem nicht vorkommen, und die Gewitterelektrizität bildet daher noch heutzutage ein ungelöstes Problem.

Die Wolkenbildung in der Atmosphäre muß hiernach stets von schon vorhandenen Kernen ausgehen und müßte ausbleiben, wenn diese fehlten. Daß es sich bei diesen Kernen nicht nur um den Staub der Zimmerluft handelt, sondern daß auch die freie Atmosphäre stets mit ihnen erfüllt ist, das zeigen die Versuche von *Aitken*, welcher ein Instrument erfand, das sogar die Anzahl dieser Kerne pro Kubikzentimeter zu messen gestattet. Auch in den größten Höhen, in welchen man bisher bei Ballonfahrten mit diesem Instrument Messungen ausgeführt hat, wurden noch immer mehrere hundert Kerne pro Kubikzentimeter gefunden.

Es gibt aber eine ganze Reihe von Erscheinungen, welche direkt die Anwesenheit solcher trübenden Teilchen in der Atmosphäre dokumentieren. Bekanntlich ist ja die Durchsichtigkeit der Luft starkem Wechsel unterworfen. Man bezeichnet diese Trübungen als „Dunst" im Gegensatz zur Wolkenbildung. Dieser Dunst ist z. B. die Ursache davon, daß der Schattenwurf der Wolken bisweilen räumlich sichtbar wird. Diese Erscheinung ist im Volksmund als „wasserziehende Sonne" oder auch als „Dämmerungstrahlen" bekannt.

Bei Ballonfahrten hat man oft Gelegenheit, diesen Dunst auch noch in anderer Weise unmittelbar wahrzunehmen. Die unterste, etwa bis 1500 *m* reichende Luftschicht ist häufig sehr stark mit Dunst erfüllt, während die darüber liegende Schicht außerordentlich klar ist. Befindet sich nun der Ballon gerade in der Höhe der Schichtgrenze, so sieht er die Oberfläche der Dunstschicht in sehr markanter Weise als eine gerade Linie am Horizont.

Es gibt aber noch eine Reihe anderer sehr bekannter, ja alltäglicher Erscheinungen, die in diesem Zusammenhang zu nennen sind, nämlich die blaue Farbe des Himmels und die rote Farbe der untergehenden Sonne.

Und damit kommen wir zu denjenigen Erscheinungen, welche den in der Physik als trübe Medien bezeichneten Stoffen eigen sind. Bekanntlich läßt sich die Vergrößerung unseres Mikroskops nicht beliebig weit treiben; selbst für das Ultramikroskop gibt es eine gewisse Größe, welche das betrachtete Objekt mindestens haben muß, wenn es noch warhnehmbar sein soll. Diese Erscheinung ist in der Natur der Lichtwellen begründet und läßt sich durch keinerlei optische Systeme beseitigen. Sobald nun die trübenden Teilchen diese kritische Grenze unterschreiten, so daß sie nicht mehr gesehen werden können, so bieten sie Anlaß für das Auftreten ganz charakteristischer Farben, welche eben als die Farben der trüben Medien bekannt sind. Der englische Physiker Lord *Rayleigh* hat die Theorie dieser Farbenerscheinungen mathematisch entwickelt und damit zugleich eine exakte Erklärung für die blaue Himmelsfarbe und die rote Farbe der untergehenden Sonne gegeben. Die Rechnungen sind außerordentlich kompliziert, aber das

zugrunde liegende Prinzip läßt sich durch einen einfachen Vergleich der Anschauung näherbringen.

Betrachten wir einen großen Ozeandampfer in dem auf- und abwogenden Meere. Die Wellen, welche von der Luvseite gegen den Schiffsrumpf schlagen, sind nicht imstande, den gewaltigen Koloß zu heben oder zu senken, sondern prallen zurück, und in Lee bildet sich ruhiges Wasser. Betrachten wir gleichzeitig eine große Flotille kleiner Ruderboote, welche auf denselben Ozeanwogen auf- und abtanzen. Sie werden willenlos von jeder Welle hinauf und hinab geführt, und man kann das Meer so dicht mit ihnen besetzen, wie man will, die Wogen werden stets so gut wie ungehindert weiter rollen, während die Boote diese Schwingungen passiv mitmachen; in Lee einer solchen Flotille wird daher auch niemals ruhiges Wasser erzeugt werden. Man sieht sofort, wie dieser Vergleich anzuwenden ist. Die Meereswogen sind die Lichtwellen, der Ozeandampfer stellt ein trübendes Teilchen von beträchtlicher Größe, etwa ein Wolkenelement dar, welches die Lichtwellen zurückwirft und hierdurch selbst sichtbar wird, hinter sich aber einen Schatten entwirft. Die Flotille kleiner Ruderboote aber sind trübende Teilchen von so geringer Größe, daß sie von den Schwingungen der Lichtwellen als Ganzes mitgenommen werden, diese also nicht zurückwerfen, sondern passieren lassen. Sie werfen keinen Schatten und sind auch selbst nicht sichtbar, obwohl sie aus undurchsichtigem Material bestehen.

Damit wäre nun allerdings erst soviel erklärt, daß diese kleinsten Teilchen unsichtbar sind. Wie entstehen aber die Farben? Hierzu müssen wir berücksichtigen, daß die Lichtwellen verschiedene Länge haben. Das

weiße Licht besteht ja aus einer Mischung sämtlicher Farben des Spektrums. Der roten Farbe entsprechen die langen Lichtwellen, der blauen die kurzen, während die übrigen Farbentöne mittlere Wellenlängen repräsentieren. Bleiben wir nun bei unserem Bilde, so hätten wir uns zu vergegenwärtigen, was geschieht, wenn wir eines der kleinen Ruderboote etwa auf einen kleinen Teich setzen, der nur Wellen von viel geringerer Länge auf seiner Oberfläche erzeugt. Hier wird sich bereits das kleine Boot so verhalten wie der große Dampfer in der Dünung des Ozeans: es wirft die Wellen zurück und erzeugt in Lee ruhiges Wasser. Wenn also die trübenden Teilchen eine entsprechende Größe besitzen, so werden sie zwar die „Ozean"-Wellen des roten Lichtes nicht mehr reflektieren können, sondern sie frei passieren lassen; dagegen werden sie die kurzen „Teich"-Wellen des blauen Lichtes noch in derselben Weise zurückwerfen und hierdurch selbst sichtbar werden.

Die Anwendung auf die Farbe des Himmels ist nicht schwer. Von dem weißen Sonnenlicht, mit dem die Atmosphäre durchstrahlt wird, passiert der rote Bestandteil ungehindert, wie man besonders schön an der kupferroten Farbe erkennen kann, welche der Mond meist bei Finsternissen annimmt. Der blaue Bestandteil dagegen wird nicht hindurch gelassen, so daß der Himmel, gegen den dunklen Weltraum gesehen, intensiv blau erscheinen muß. Die Sonne selber muß unter allen Umständen einen etwas gelblichen Ton zeigen; solange sie noch hoch über dem Horizont steht, und die Weglänge der Sonnenstrahlen in der Atmosphäre nur kurz ist, wird diese Färbung freilich nur sehr schwach sein. Je mehr sie sich aber dem Untergang zuneigt, um

so länger wird der Weg, den die zum Auge gelangenden Sonnenstrahlen in der Atmosphäre zurückzulegen haben, und um so markanter tritt hier die für trübe Medien charakteristische rote Farbe auf.

Woraus diese Kondensationskerne in der Atmosphäre bestehen, ist uns noch fast ganz unbekannt. Es deutet manches darauf hin, daß bei der Kondensation in fester Form, also der Bildung der Schneekristalle in der Luft, prinzipiell andere Kerne benutzt werden als bei derjenigen in flüssiger Form. Bei letzterer handelt es sich höchstwahrscheinlich um außerordentlich kleine Flüssigkeitströpfchen, nämlich wässerige Lösungen hygroskopischer Gase, wie z. B. Ammoniak oder Salpetersäure, die sich im Regenwasser nachweisen lassen. Man hätte sich hiernach vorzustellen, daß jedes Molekül dieser Gase auch schon in relativ trockener Luft eine Anzahl von Wasserdampfmolekülen um sich gesammelt hat und mit ihnen zusammen ein außerordentlich kleines Tröpfchen, das noch unsichtbare Dunsttröpfchen, bildet. Die Bildung der Schneekristalle scheint dagegen von festen Kernen auszugehen. Indessen sind unsere Vorstellungen hierüber, wie erwähnt, noch sehr unsicher.

Es ist nicht ohne Interesse, daß die noch heute an unseren meteorologischen Stationen üblichen Wolkenbezeichnungen im wesentlichen schon im Jahre 1803 von *Howard* aufgestellt worden sind. Indessen fand die genauere Formulierung doch erst im Jahre 1886 auf Grund einer internationalen Vereinbarung statt. Die vereinbarte Einteilung fand dann in dem 1896 herausgegebenen „internationalen Wolkenatlas“ ihren Ausdruck, dessen Text in deutscher, englischer und französischer Sprache erschien, und in welchem auf 14 Tafeln im gan-

zen 28 sorgfältig ausgewählte Wolkenbilder reproduziert wurden. Die zugehörige Beschreibung unterscheidet die 10 folgenden Wolkenarten: Cirrus, Cirro-Stratus, Cirro-Cumulus, Alto-Cumulus, Alto-Stratus, Strato-Cumulus, Nimbus, Cumulo-Nimbus, Cumulo-Stratus. Die Reihenfolge stimmt ungefähr mit der Höhenlage überein, die größte Höhe kommt den Cirren zu.

Die Wolken treten nämlich, wie man sich schon durch den unmittelbaren Anblick leicht überzeugen kann, in bestimmten Etagen auf, während die dazwischen liegenden Schichten im allgemeinen frei bleiben. Diese Höheneinteilung bildet ja auch die natürliche Basis für die Klassifikation der Wolken. Die Etagen zeigen sich an allen Stationen mehr oder weniger deutlich. Unter Zusammenfassung der Beobachtungsergebnisse der 7 Stationen Blue Hill, Bossekop, Manila, Pawlowsk, Potsdam, Upsala, Washington, leitete *Süring* sechs Etagen ab, die bei 0·6, 1·6, 4·0, 6·0, 8·0 und 10·0 *km* Höhe liegen.

Die Erscheinung dieser Wolkenetagen hängt aufs engste mit der Schichtung der Atmosphäre überhaupt zusammen. Denn wie schon bemerkt war, repräsentiert die Oberfläche der an einer solchen Etage liegenden Wolkendecke die Grenzfläche zwischen zwei Luftschichten, welche im allgemeinen mit ganz verschiedenen Temperaturen und Feuchtigkeiten begabt und auch verschieden bewegt sind. Da es bisher noch nicht gelungen ist, ein System in diesen Schichtgrenzen auf Grund der Drachen- und Ballonregistrierungen mit Sicherheit zu erkennen, so ist es doppelt wertvoll, daß die Wolkenbeobachtungen ein solches mit relativ großer Deutlichkeit erkennen lassen. Freilich gilt dies nur für

die Mittelwerte. In den einzelnen Fällen können auch die Wolkenetagen in ganz beliebigen Höhen auftreten.

Schon bei der Betrachtung der oben genannten Bezeichnungen erkennt man, daß sich eine charakteristische Gegenüberstellung zweier Formen wie ein roter Faden durch die ganze Klassifikation hindurchzieht. Es sind dies die Formen des Cumulus und des Stratus. In der Tat verhalten sich diese nicht nur in bezug auf ihre äußere Gestalt, sondern auch in bezug auf ihre Entstehung grundsätzlich verschieden. Wie durch Fig. 21 veranschaulicht wird, entsteht die Stratusform bei

Fig. 21. Stratus (Hebung der Schichtgrenze) und Cumulus (Durchbrechung der Schichtgrenze), schematisch.

einer Hebung der Schichtgrenze, gehört also ganz der unteren Schicht an. Die Cumulusform dagegen stellt den Durchbruch einer größeren Luftmenge durch die Schichtgrenze hindurch dar.

In vielen Fällen genügt dieses schematische Bild vollkommen; doch in vielen anderen handelt es sich um Übergänge oder Kombinationen dieser beiden Grundformen, so daß es manchmal nicht leicht ist, zu entscheiden, welche Bezeichnung in dem betreffenden Falle anzuwenden ist. Der Beobachtungsplatz an der Erde ist bei diesen Wolken natürlich der denkbar ungün-

stigste, da ihre Unterseite ohne alle scharfen Formen kontinuierlich in den darunter liegenden Dunst übergeht. Von Berggipfeln oder vom Ballon aus hat man dagegen den Anblick eines Wolkenmeeres mit markanten Formen. Photographische Aufnahmen der Stratusform lassen fast immer erkennen, daß die Wolkenoberfläche keineswegs ganz eben ist; sie besteht vielmehr aus zahllosen eng zusammengedrängten Köpfen, die einzeln für sich durchaus die charakteristische Traubenform des Cumulus aufweisen. In der Tat fehlt diese Tendenz zur Cumulusbilding nur selten an einer Wolkenoberfläche.

Der bekannte Physiker *Helmholtz* war der erste, welcher erkannte, daß sich nicht nur an der Grenzfläche zwischen Luft und Wasser, sondern auch an derjenigen zwischen zwei verschieden warmen Luftschichten Wogen ausbilden müssen, wenn die obere Schicht sich relativ zur unteren bewegt. Diese an den atmosphärischen Schichtgrenzen auftretende Wogenbildung gibt die Erklärung für die so häufig zu beobachtenden Wogenwolken (Fig. 22). Da nämlich bei den großen Dimensionen der Luftwogen — sie sind im allgemeinen 10.000 mal so groß wie die Wasserwogen — eine sehr erhebliche Höhendifferenz zwischen dem Wellenberg und dem Wellental besteht, so ist einleuchtend, daß bei einer dünnen Wolkenschicht mitunter nur die Wellenberge mit Wolken erfüllt sein werden, während die Täler frei bleiben. Die Folge ist dann, daß die langgezogenen Wellenberge in Form von parallelen Wolkenstreifen sichtbar werden.

Nun gibt es aber auch noch Wellen anderer Art als diese freien Windwellen, nämlich sogenannte Hindernis-wellen. Wenn ein seichter Bach über unebenen Grund strömt, so sehen wir, daß seine Oberfläche (die Schicht-

FIG. 22. Wogenwolken. Alto-Cumulus undulatus.

grenze Wasser—Luft) deformiert wird; es bilden sich Wellenberge und -täler aus, die meist stationär über dem hemmenden Stein stehen, während das Wasser durch sie hindurchströmt. Ganz ähnliche Stromschnellen muß es auch in der bewegten Luft geben, welche über die Unebenheiten der Erdoberfläche dahinfließt. In der Tat sind bei isolierten Bergen solche stationären, von der Spitze aus nach Lee hinüberweisenden Wolkenkappen nicht selten, ja für gewisse Berge, wie den Pic von Teneriffa und den Tafelberg, geradezu typisch.

Noch eine andere Erscheinung spielt eine außerordentlich große Rolle bei den Formen der Wolken. Dies sind die Fallstreifen. Der Niederschlag, der sich in der Wolke bildet, sinkt ja vermöge seiner Schwere herab, verdampft aber in den meisten Fällen sogleich wieder, sobald er die untere Grenze der Wolke erreicht hat und in die ungesättigte Luft hineinsinkt. Wenn er aber schon gröbere Formen angenommen hat, oder namentlich, wenn er aus Schnee oder Eis besteht und daher nicht so schnell verdunsten kann, so sinkt er noch mehr oder weniger weit in die tieferen Schichten hinab, ehe er sich ganz auflöst. In den Fällen, wo er den Erdboden erreicht, sprechen wir von Regen oder Schnee. Am häufigsten wird dies letztere natürlich bei den unteren Wolken eintreten. Die höher gelegenen Wolken aber werden vermöge ihres größeren Abstandes von der Erde nicht selten Fallstreifen von der Art aufweisen, bei welchen der Niederschlag verdunstet, bevor er die Erde erreicht.

Von den Wolken der Cirrusregionen gelangt der Niederschlag überhaupt nur außerordentlich selten zur Erde herab; in den allermeisten Fällen bildet er hier

nur langgezogene Fallstreifen, welche sich schließlich auflösen, und diese Fallstreifen stellen die charakteristische Eigentümlichkeit der Cirrusformen dar.

Es kommt aber nicht selten vor, daß sich die Mutterwolke bereits längst aufgelöst hat, während die Fallstreifen nach wie vor sichtbar bleiben und in Form langgezogener Fäden den Himmel überspannen.

Die Erforschung der obersten Atmosphärenschichten

Schon im Jahre 1875 hat *Hann*, als ihm bekannt geworden war, daß *Boussingault* Wasserstoff in geringen Spuren in der atmosphärischen Luft nachgewiesen hatte, darauf aufmerksam gemacht, daß dann die Atmosphäre oberhalb 100 *km* Höhe aus reinem Wasserstoffgas bestehen müßte. Als *Gautier* aufs neue (1901) eine Bestimmung ausführte, die 0·02 Volumprozente Wasserstoff in der Luft gab (was nach *Rayleighs* Kritik allerdings auf 0·0033 zu verbessern sein dürfte), kam *Hann* im Jahre 1903 nochmals auf diese Frage zurück und zeigte durch eine ausführliche Rechnung, daß der Wasserstoff nach den Gasgesetzen schon bei 50 *km* Höhe etwa 14 Volumprozente, in 100 *km* aber 99 ausmachen müßte. Die Notwendigkeit hiervon kann man leicht einsehen. Die verschiedenen Gase der Luft besitzen am Erdboden gewisse „Partialdrucke", deren Summe eben den gesamten meßbaren Luftdruck darstellt. Nach den Gasgesetzen muß dieser Partialdruck für jedes Gas in einem eigenen Tempo mit der Höhe abnehmen, nämlich bei schweren Gasen schnell, bei leichten langsam. Wenn wir also nur bis in genügend große Höhen hinauf-

gehen, so müssen wir schließlich an einen Punkt kommen, wo der Partialdruck des schweren Stickstoffs an dem nur sehr langsam abnehmenden Partialdruck des Wasserstoffs vorbeisinkt, und von dieser Höhe ab muß der Wasserstoff in der Zusammensetzung den Hauptbestandteil ausmachen.

Im Jahre 1909 sprach ich, ganz unabhängig von diesen theoretischen Überlegungen, die Vermutung aus, daß in der Höhe von etwa 70 bis 80 *km* eine sehr markante Schichtgrenze liegen müßte, einmal weil hier die Ausbruchswolken des Vulkans Krakatau ihr Aufsteigen beendet und sich offenbar seitlich ausgebreitet hatten (die noch ausführlich zu besprechenden „leuchtenden Nachtwolken"), und zweitens, weil die Luft in dieser Höhe aufhört, bei Durchstrahlung mit Sonnenlicht dasselbe diffus zu reflektieren. Diese Vermutung wurde mir zur Gewißheit, als sich bei nochmaligem Durchrechnen der theoretischen Ableitungen von *Hann* zeigte, daß sich gerade in dieser Höhe der überraschend schnelle Umschlag in der Zusammensetzung der Atmosphäre vollziehen muß.

In einer neuen, größeren Arbeit habe ich sodann das ganze Tatsachenmaterial zusammengestellt und bin dabei zu dem Schlusse gekommen, daß an der Zusammensetzung der höchsten Schichten außer dem Wasserstoff noch ein anderes unbekanntes Gas beteiligt sein muß, welches noch leichter als Wasserstoff ist und von etwa 200 *km* ab aufwärts der vorherrschende, später alleinige Bestandteil der Atmosphäre wird. In der Sphäre dieses unbekannten Gases würden sich dann die höchsten Polarlichter abspielen, welche die sogenannte Nordlichtlinie zeigen, und das von ihr diffus zurückge-

worfene Sonnenlicht nach Sonnenuntergang würde das Zodiakallicht repräsentieren. Da das neue Gas wahrscheinlich mit dem Coronium der Sonnenatmosphäre identisch sein dürfte, habe ich vorgeschlagen, es „Geocoronium" zu nennen. Bei der Einführung dieses hypothetischen Gases muß man allerdings gewisse Annahmen über das Molekulargewicht und auch über die in der Atmosphäre vorhandene Menge machen, die einstweilen noch sehr unsicher sind. Unter diesen Annahmen habe ich die Zusammensetzung der Atmosphäre in großen Höhen wie folgt berechnet:

Zusammensetzung der Atmosphäre in Volumprozenten

Höhe *km*	Luftdruck *mm*	Volumprozente					
		(Geocoronium)	Wasserstoff	Helium	Stickstoff	Sauerstoff	Argon
0	760	0·00058	0·0033	0·0005	78·1	20·9	0·937
20	41·7	0	0	0	85	15	—
40	1·92	0	1	0	88	10	—
60	0·106	4	12	1	77	6	—
80	0·0192	19	55	4	21	1	—
100	0·0128	29	67	4	1	—	—
120	0·0106	32	65	3	—	—	—
140	0·00900	36	62	2	—	—	—
200	0·00581	50	50	1	—	—	—
300	0·00329	71	29	—	—	—	—
400	0·00220	85	15	—	—	—	—
500	0·00162	93	7	—	—	—	—

Die sonst noch in der Luft am Erdboden nachweisbaren geringen Mengen anderer Gase, wie Kohlensäure, Neon, Krypton, Xenon und Ozon, erreichen nirgends 1% in der Zusammensetzung.

In der folgenden Fig. 23 sind diese Angaben veranschaulicht. Will man aus ihr die Zusammensetzung

in einer bestimmten Höhe, z. B. bei 80 *km*, ablesen, so legt man durch sie die Horizontale, deren einzelne Abschnitte dann direkt gleich den Volumprozenten der Gase sind, in deren Feldern sie liegen.

Wie man der Figur unmittelbar entnehmen kann,

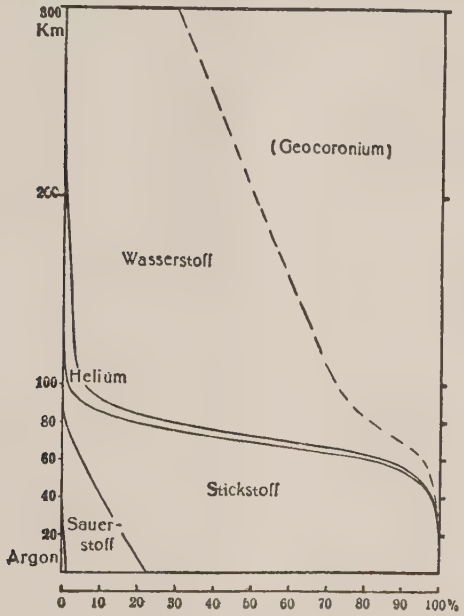


FIG. 23. Mutmaßliche Zusammensetzung der Atmosphäre.

nimmt der Sauerstoffgehalt sehr schnell und gleichmäßig mit der Höhe ab und verschwindet bei etwa 80 *km* vollständig. Dagegen erreicht der Stickstoff bei 40 *km* ein Maximum von 80%, um dann zwischen 60 und 70 *km* außerordentlich rasch zu verschwinden.

Der Gehalt an Helium erreicht bei etwa 90 *km* ein Maximum, dessen numerischer Betrag aber infolge der Unsicherheit des Ausgangswertes für den Erdboden noch wenig zuverlässig erscheint.

In der Figur ist endlich ebenso wie in der Zahlentabelle das hypothetische Gas Geocoronium berücksichtigt; die Verteilung der übrigen Gase wird hierdurch fast gar nicht beeinflußt, denn wenn man es ganz fortließe, so würde der hierdurch frei werdende Raum in der Figur dem Wasserstoff zufallen, ohne daß sich die übrigen Grenzlinien in nennenswerter Weise verschieben.

Die ganze Atmosphäre läßt sich in eine Geocoroniumsphäre, eine Wasserstoffsphäre und eine Stickstoffsphäre einteilen, und letztere wieder in die Stratosphäre und Troposphäre, welche beide bereits besprochen wurden.

Die Mächtigkeit der für das Wetter allein in Betracht kommenden Troposphäre ist im Verhältnis zu den darüber liegenden Schichten fast verschwindend klein. Man würde hieraus aber ein sehr verkehrtes Bild von der Wichtigkeit dieser untersten Schicht erhalten, wenn man nicht auch die Luftdruckverhältnisse berücksichtigen würde. Da die Luft vollkommen kompressibel ist, so enthalten die untersten Schichten viel mehr Masse als die oberen. Schon in 5 *km* Höhe ist der Luftdruck auf die Hälfte gesunken, d. h. wir haben hier bereits die halbe Atmosphäre, der Masse nach, unter uns. An der oberen Grenze der Troposphäre, bei 11 *km* Höhe, herrscht nur noch ein Viertel des Gesamtluftdruckes, oder mit anderen Worten: die Troposphäre enthält trotz ihrer geringen Mächtigkeit bereits drei Viertel der gesamten Atmosphäre in sich verdichtet. Das übrigbleibende Viertel ist wiederum zum allergrößten Teil in

der Stratosphäre enthalten, und die Wasserstoffsphäre enthält die Gase bereits in ganz außerordentlicher Verdünnung. Gleichwohl spielen sich sogar in noch viel größeren Höhen gewisse Erscheinungen ab, welche von dem Vorhandensein einer Atmosphäre Zeugnis ablegen, nämlich: 1. die Sternschnuppen, 2. die Dämmerungserscheinungen, 3. das Zodiakallicht, 4. die leuchtenden Nachtwolken, 5. die Polarlichter.

Die Sternschnuppen sind kleinste, meist unregelmäßig geformte, feste Weltkörper, die mit einer Geschwindigkeit von rund 50 *km* pro Sekunde in die Erdatmosphäre eindringen und hier meist durch Schmelzen, vielleicht Verdampfen ihre Materie in Gestalt einer Wolke ausbreiten, welche nach erfolgter Abkühlung offenbar aus feinsten festen Partikeln, kosmischem Staube, bestehend zu denken ist. Die uns sichtbare Leuchterscheinung kommt dadurch zustande, daß die vor dem Meteoriten befindlichen Gase bei der großen Geschwindigkeit desselben nicht Zeit haben, zur Seite auszuweichen, sondern komprimiert werden. Die durch die Kompression erzeugte Wärme hat gleichfalls keine Zeit, etwa durch Leitung sich zu verteilen, und ist hoch genug, um die in Frage kommenden Gase der Atmosphäre zu intensivem Leuchten zu bringen. Ein großer Teil der Leuchterscheinung repräsentiert daher glühende Luft. Aber diese glühende Luft wirkt auf den Meteoritenkörper in derselben Weise wie eine Gebläseflamme, und bringt ihn wenigstens oberflächlich zum Schmelzen. Die geschmolzene Rinde wird beständig durch den starken Luftzug fortgeblasen, und auf diese Weise schmilzt der Meteorit auf seinem Laufe zusammen wie ein Stück Eis in warmem Wasser. Sein Inneres bewahrt

dabei die außerordentlich tiefe Temperatur, welche er im Weltraume besaß, da die Wärme ja keine Zeit hat, einzudringen. So erzeugte z. B. ein bei Dhurmsala in Ostindien gefallener Meteorit beim Berühren ein heftiges Schmerzgefühl von Kälte.

Wegen dieser Vorgänge hat man bei der Leuchterscheinung der Sternschnuppen zwei Teile zu unterscheiden, nämlich außer den leuchtenden Gasen, welche das Luftspektrum geben, noch die glühende Oberfläche des Kerns, die natürlich ein kontinuierliches Spektrum erzeugt. Ob auch glühende Dämpfe und Gase aus dem Meteoriten sich an dem Leuchten beteiligen, muß dahingestellt bleiben.

Da die Trägheit der atmosphärischen Gase somit den eigentlichen Grund für die Erscheinung bildet, die verschiedenen Gase aber keineswegs gleich träge sind, so spielt sich auch der Vorgang in den drei Hauptschichten: der Geocoroniumsphäre, der Wasserstoffsphäre und der Stickstoffsphäre, in sehr verschiedener Weise ab. In der ersten treten überhaupt keine Lichterscheinungen auf, die Trägheit dieses Gases ist so gering, daß eine Geschwindigkeit von einer höheren Größenordnung dazu gehörte, um es auf diese Weise zum Leuchten zu bringen. Der trägere Wasserstoff dagegen wird zum Glühen gebracht und erzeugt so die Erscheinung der Sternschnuppen. Die vielfach gemessenen Höhen der letzteren liegen stets innerhalb der Wasserstoffsphäre.

Während nun in der Geocoroniumsphäre überhaupt noch keine, und in der Wasserstoffsphäre nur eine relativ schwache Lichterscheinung auftritt, wird diese besonders lebhaft in den Fällen, in welchen das Meteor den Massenverlust in den vorangehenden Schichten überdauert und

in die Stickstoffsphäre eintritt. Vielfach wird hervorgehoben, daß auch große Meteore anfangs ganz das Aussehen von Sternschnuppen zeigen (grünes Licht) und erst von einem bestimmten Punkte ihrer Bahn ab, der offenbar dem Eintritt in die Stickstoffsphäre entspricht, außerordentlich an Helligkeit gewinnen (rotes Licht).

In der Stickstoffsphäre endigen diese Meteore meist mit einer Explosion und lassen ihre Bruchstücke zur Erde herabfallen.

Die Ursache der Explosion ist übrigens noch nicht völlig aufgeklärt. Es ist nicht undenkbar, daß sie auf eine immer schneller werdende Rotation um eine mit der Flugrichtung zusammenfallende Achse zurückzuführen ist, die schließlich zur Zersprengung des Meteoriten durch die übergroße Zentrifugalkraft führt. Der Beginn einer solchen Rotation ist häufig daran zu erkennen, daß die Flugbahn eine schraubenförmige Gestalt hat, ähnlich den schraubenförmigen Fallbahnen der Schneeflocken.

PHYSIK

Über das Licht und die Farben

Als Newton an dem Fenster seines Wohnhauses bei London von Vorübergehenden oft beobachtet wurde, wie er Seifenblasen machte, da ging das Gerücht in London um, der große Newton sei kindisch geworden. Aber offenbar ist es etwas anderes, wenn ein Kind mit Seifenblasen spielt, etwas anderes, wenn sich ein Newton damit beschäftigt. In den Seifenblasen steckt ein großes optisches Problem, ein wichtiges optisches Fragezeichen. In der Tat denkt ein Kind nicht darüber nach, und auch die wenigsten Erwachsenen tun es, woher denn eigentlich die Farben bei den Seifenblasen ihren Ursprung haben, aber Newton tat es. Hier haben wir Farben, welche wir uns durch unsere bisherigen Kenntnisse nicht erklären können. Sie sind in Seifenlösung vorhanden, welche eine farblose Substanz ist, und sie entstehen nur unter den besonderen Umständen, daß aus der Seifenlösung eine dünne Haut gebildet wird. Außerdem zeigt dieselbe Stelle der Seifenblase bald rote, bald grüne usw. Farben, kurz die Farben können nicht aus dem weißen Licht durch Absorption entstanden sein, wie wir bisher die Farben aller Körper erklärt haben. Also ist hier ein neues, ungelöstes Problem vorhanden.

Durch Anwendung der sogenannten Plateauschen Mischung kann man Seifenblasen erzeugen, die nicht so leicht zerspringen, sondern sich in ruhiger Luft eine

Viertelstunde lang halten können. Diese Plateausche Lösung stellt man sich folgendermaßen dar. Man löst 25 *g* Marseiller Seife in 1 *l* destilliertem Wasser bei gelinder Erhitzung auf, kühlt dann die Lösung wieder auf Zimmertemperatur ab und setzt 660 *g* bestes Glyzerin zu. Nach tüchtigem Schütteln läßt man die Mischung eine Woche lang stehen, kühlt sie dann durch Eiswasser auf etwa 3° C ab und filtriert sie durch sehr durchlässiges Filtrierpapier, wobei man die trüben Teile so lange zurückgießt, bis die filtrierte Flüssigkeit ganz klar ist. Mit dieser Lösung erzeuge ich eine dünne Seifenhaut in der Weise, daß ich den gebogenen Draht *S* (Fig. 24) in die Lösung eintauche und herausziehe. Das Seifenwasser bildet dann eine ebene Fläche, die von dem kreisförmigen Draht begrenzt ist. Ich beleuchte nun diese Seifenlamelle (Fig. 24) mittels des parallelen oder divergenten Lichtes meiner Bogenlampe *B* und lasse die reflektierten Strahlen durch eine Linse *L* gehen, wodurch ich ein Bild von der beleuchteten Seite der Seifenhaut auf den Schirm *Sch* projiziere. Dieses Bild zeigt die Farben, und wir erkennen so, daß das von der Seifenblase reflektierte Licht die Farbenerscheinungen gibt.

Wir sehen, wie beim allmählichen Dünnerwerden der Haut die Farben, die zuerst noch nicht vorhanden waren, allmählich entstehen und sich in parallelen, streifenförmigen Schichten anordnen.

Die Farben müssen offenbar davon abhängen, daß die Schicht der Seifenlösung so sehr dünn ist; denn solange sie noch dick ist, sehen wir in der Tat keine Farben. Also eine sehr dünne Schicht eines durchsichtigen Körpers zwischen zwei anderen durchsichtigen

Körpern (der Luft innen und außen) zeigt Farben. Aus dieser Präzisierung erkennen wir gleich, daß wir auch unter anderen Umständen schon Farben derselben Art bemerkt haben. Wenn im Winter die Fenster mit einer ganz dünnen Schicht Wasser oder Eis beschlagen sind,

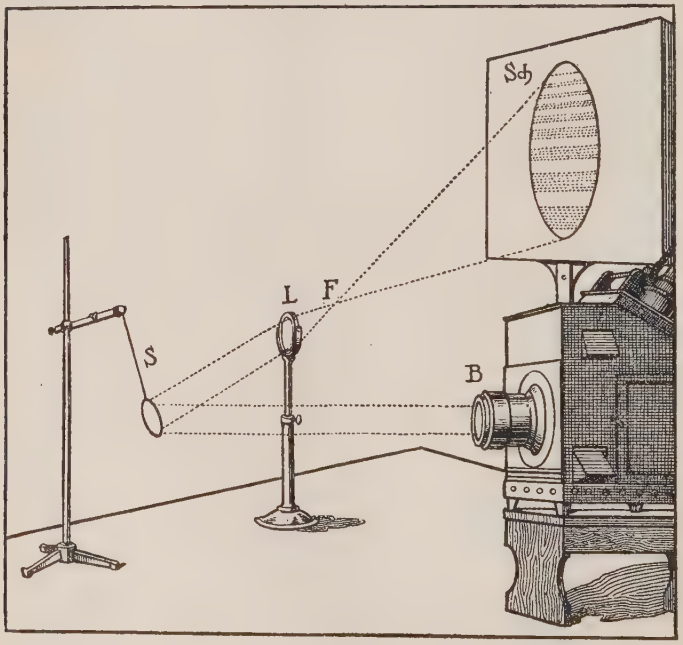


Fig. 24.

so bemerken wir beim Hinblicken ebenfalls Farben. Diese sind offenbar von derselben Art, denn wir haben eine dünne durchsichtige Schicht Wasser zwischen zwei anderen durchsichtigen Körpern, Luft und Glas. Wenn ich auf eine große Wasseroberfläche in einer Schale einen

Tropfen Terpentinöl bringe, so breitet dieser sich bekanntlich rapid aus und bildet eine sehr dünne Schicht, die auch die Farben zeigt. Wissenschaftlich bezeichnet man deshalb auch die Farben dieser Art allgemein als „Farben dünner Blättchen". Wenn aber dies die einzige Bedingung dieser Farbenentstehung ist, und wenn, wie man vermuten kann, die verschiedenen Farben von der verschiedenen Dicke des Blättchens abhängen, so muß man, schloß Newton, die Erscheinung der Seifenblasen auch ganz stabil auf andere Art hervorbringen können. Wenn man eine sehr dünne

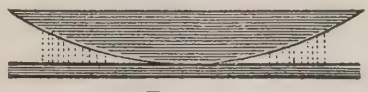


Fig. 25.

Luftschicht zwischen zwei Glasplatten erzeugt, so sind dabei ja auch die Bedingungen zum Auftreten der Farben gegeben, nur daß die Farben dabei eben in Luft statt in dem Seifenwasser entstehen. Zugleich kann man auch die Abhängigkeit der Farbe von der Dicke des dünnen Blättchens dabei auf einen Blick ersichtlich machen, wenn man zwar als die eine Begrenzung der Luftschicht eine Glasplatte (Fig. 25) nimmt, als die andere aber eine sehr flach gekrümmte Linse. Denn dann hat die Luftschicht an dem Berührungspunkte gar keine Dicke, von da an aber wächst die Dicke, wie es die Striche zwischen Platte und Linse angeben, so daß man alle verschiedenen Dicken nebeneinander hat. Zugleich sieht man, daß in je einem Kreise um den Berührungspunkt herum die Dicke immer dieselbe ist. Wenn also die Farbe nur von der Dicke abhängt, so muß

man hierbei eine Erscheinung bekommen, die aus lauter Kreisen von verschiedener Färbung besteht. Läßt man weißes Licht auf ein solches Newtonsches Farbenglas fallen, so erhält man tatsächlich solche farbigen Kreise.

Es wird von großem Interesse sein, zu versuchen wie denn das Bild ausfällt, wenn ich auf das Farbenglas nicht weißes, sondern einfarbiges Licht werfe. Wir können einfarbiges Licht für unsere Zwecke genügend leicht erzeugen, wenn wir vor die Öffnung unserer Bogenlampe einfach ein rotes oder ein blaues Glas bringen. Tun wir das, wenden wir nur rotes Licht an, so sehen wir jetzt (Fig. 26), daß unser Bild nur aus abwechselnd roten und schwarzen Ringen besteht. Beleuchten wir mit blauem Licht, so besteht es aus abwechselnd blauen und schwarzen Ringen, und bei genauerem Vergleichen bemerken wir, daß der erste, zweite usw. blaue Ring enger ist, kleineren Durchmesser hat als der erste, zweite usw. rote Ring.

Fig. 26.

Diese Erscheinungen sind sicher sehr merkwürdig. Wir werfen rotes Licht auf unseren Apparat, und obwohl in diesem nur farblose durchsichtige Körper, wie Glas und Luft vorhanden sind, die also keine Absorption hervorbringen, wird das rote Licht doch an einigen Stellen ganz ausgelöscht, und es entsteht Dunkelheit, und das blaue Licht wird an anderen Stellen ausgelöscht und es entsteht dort Dunkelheit. Daß bei weißem Licht die Ringe farbig werden, verstehen wir nun leicht. Diese Farben sind Mischfarben. An einer bestimmten Stelle

werden z. B. die roten Strahlen ausgelöscht, die grünen und blauen aber nicht, die Stelle erscheint blaugrün, an einer anderen Stelle werden die grünen Strahlen ausgelöscht, die roten und blauen aber nicht, die Stelle erscheint violett.

Die Farben lassen sich also leicht erklären, wenn nur erst die Frage beantwortet ist: Woher kommt es, daß an bestimmten Stellen des Farbenglases auffallendes rotes oder blaues Licht einfach vernichtet wird, so daß diese Stellen ganz schwarz erscheinen?

Newton selbst gelang es trotz seines fabelhaft sicheren Blickes nicht, diese Frage richtig zu beantworten; im Gegenteil, seine Autorität bewirkte, daß die richtige Erklärung, obwohl sie schon zu seiner Zeit von H u y g h e n s gefunden war, über ein Jahrhundert unbeachtet blieb, bis neue Erscheinungen den Engländer Thomas Young und den Franzosen Fresnel schließlich dazu führten, die Huyghenssche Ansicht als richtig zu beweisen.

Analysieren wir die Erscheinung, die das Farbenglas bietet, etwas genauer. Auf das Farbenglas fällt das Licht der Bogenlampe, und wir wollen eine Stelle des Farbenglases betrachten, welche in rotem Licht uns ein helles Licht auf dem Schirm gibt. Das Licht rührt von der Reflexion der Strahlen an dieser Stelle des Farbenglases her. Aber offenbar sind an dieser Stelle des Farbenglases eine Reihe von Vorgängen vorhanden. Es wird nämlich das auffallende Licht zunächst zum Teil direkt an der Vorderfläche des Glases reflektiert, ein Teil aber dringt auch in das Glas und in die Luftschicht ein und wird dann erst an der Fläche des hinteren Glases reflektiert und kommt so auf unseren Schirm. Was durch diese kompliziert scheinende Betrachtung klarge-

macht werden soll, ist nur das, daß an jeder Stelle des Schirmes die dort vorhandene Erleuchtung nicht von einem einzigen Strahl herrührt, sondern von zwei Strahlen, die nach Durchlaufung verschieden langer Wege schließlich in derselben Richtung austreten. Und nun können wir die Erscheinung, die unser Farbenglas bietet, auch folgendermaßen aussprechen, ohne mehr zu sagen, als das Experiment in Verbindung mit unserer Überlegung zeigt:

Das Zusammenwirken zweier Strahlen, die verschieden lange Wege durchlaufen haben, bringt an manchen Stellen des Schirmes Helligkeit, an anderen aber absolute Dunkelheit hervor.

Hier fällt uns der Schlußsatz als ganz besonders merkwürdig auf. Zwei Strahlen, die zusammenwirken, können unter Umständen Dunkelheit hervorbringen. Danach ist es also nicht wahr, daß Licht und Licht zusammen unter allen Umständen immer mehr Licht geben, sondern Licht und Licht zusammen können unter Umständen Dunkelheit ergeben, sich aufheben.

Was kann denn die Natur des Lichtes sein, so daß unter Umständen zwei Lichtstrahlen sich aufheben können?

Wenn wir eine Stimmgabel anschlagen, so hören wir einen Ton. Drehen wir aber die Stimmgabel vor unserem Ohr um ihre Achse, so hören wir deutlich bei gewissen Stellungen der Stimmgabel ihren Ton, bei anderen aber hören wir nichts, und zwar tritt das Verstummen bei einer Drehung immer viermal ein, ungefähr immer dann, wenn die Kanten der Stimmgabel vor unserem Ohr sich befinden. Von dem Schall weiß man

aber schon seit dem Altertum, daß er in einer schwingenden Bewegung des tönenden Körpers besteht und sich in der Luft in Form einer Wellenbewegung ausbreitet. Dieses Verschwinden des Tones hat man daher schon lange dadurch richtig erklärt, daß von den beiden Zinken der Gabel aus die Luft in Wellenbewegung versetzt wird und daß an den genannten vier Stellen, die man Interferenzstellen nennt, die beiden Wellenbewegungen sich gerade aufheben, daß da immer eine Erhebung der Welle von der einen Zinke her mit einer Vertiefung von der anderen Zinke her zusammentreffen und dadurch die Bewegung ganz aufgehoben wird.

Wenn wir die Wellen auf einem Teich beobachten, die durch hineingeworfene Steine erzeugt sind, so können wir auch, obwohl die Erscheinung flüchtiger Natur ist, leicht erkennen, daß unter Umständen zwei Wellen sich so aufheben können, daß da, wo das geschieht, die Bewegung ganz aufhört. Es macht also jedes Wasserteilchen einerseits eine Bewegung, die von der einen sich ausbreitenden Welle hervorgerufen ist, und zweitens eine von der zweiten Welle hervorgerufene. Diese beiden Bewegungen summieren sich einfach. Daraus erkennt man, daß, wenn ein Wasserteilchen von der einen Welle etwa veranlaßt wird, sich gerade nach oben, über den Wasserspiegel zu bewegen, und von der anderen gleichzeitig veranlaßt wird, sich nach unten zu bewegen, daß dann die wirkliche Bewegung nur die Differenz beider ist, und daß Ruhe eintreten muß, wenn die Bewegung nach oben und die Bewegung nach unten genau gleich groß sind. Man sieht auch anderseits, daß, wenn ein Wasserteilchen von beiden Wellenzügen so angegriffen wird, daß es sowohl von dem einen wie

von dem anderen gleichzeitig eine Bewegung nach oben oder nach unten erhält, daß dann seine wirkliche Bewegung stärker ist, als wenn es nur von einer Welle angegriffen würde.

Dieses Zusammenwirken zweier Wellen, welches unter Umständen Verstärkung, unter Umständen Schwächung der Bewegung der einzelnen schwingenden Teilchen hervorbringt, nennt man Interferenz der Wellen.

Die einzelnen Wasserteilchen sind auch nicht in fortschreitender, strömender, sondern nur in auf- und niedergehender Bewegung begriffen, denn sonst würden sie schwimmende Gegenstände mit sich nehmen, was bekanntlich nicht der Fall ist. Man bezeichnet die Erhebungen der Welle als Wellenberge, die Vertiefungen als Täler. Die Schwingungsdauer oder Periode der schwingenden Teilchen oder der Wellenbewegung ist die Zeit, in welcher jedes Teilchen einen vollständigen Hin- und Hergang ausführt.

Den Abstand ferner von einem Wellenberg zum nächsten oder von einem Wellental bis zum nächsten bezeichnet man als die Wellenlänge.

Die Wellen haben eine gewisse Geschwindigkeit, mit der sie sich auf der Wasseroberfläche fortpflanzen. Diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit erhalten wir, wenn wir die Wellenlänge der Welle durch die Periode dividieren, so wie wir die Geschwindigkeit eines Eisenbahnzuges erhalten, wenn wir den zurückgelegten Weg (entsprechend der Wellenlänge) durch die dazu verbrauchte Zeit (entsprechend der Periode) dividieren.

Solange wir es mit sichtbaren Wellenbewegungen zu tun haben, ist die Schwingungsdauer, die Wellenlänge, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit leicht festzustellen

und zu konstatieren. Beim Schall aber können wir zunächst nur leicht feststellen, daß er Zeit braucht, um sich fortzupflanzen. Wir sehen den Blitz früher, als wir den gleichzeitig entstehenden Donner hören, weil der Schall des Donners eben eine meßbare Zeit braucht, um zu unserem Ohr zu gelangen. Wir sehen ebenso bei einer Kanone den Rauch eher, als wir den Knall hören, aus demselben Grunde. Aus solchen Beobachtungen konnte man leicht messen, daß die Geschwindigkeit, mit der der Schall sich fortpflanzt, 330 *m* pro Sekunde beträgt.

Die Schwingungen aber der einzelnen Luftteilchen können wir nicht direkt beobachten. Wohl aber hat man auf indirekte Weise feststellen können, daß je höher ein Ton ist, um so mehr Schwingungen pro Sekunde von den Luftteilchen ausgeführt werden, um so kürzer also die Dauer einer Schwingung, die Periode ist. Je kürzer die Periode, um so höher der Ton. Hat ein Ton die Periode $\frac{1}{400}$ Sekunde, so macht also jedes Luftteilchen in einer Sekunde 400 Schwingungen. Diese Zahl bezeichnet man als die Schwingungszahl der Wellenbewegung. Bei dem Schall gibt es Wellenbewegungen mit Schwingungszahlen zwischen 10 und 40 000. Danach können wir nun leicht ausrechnen, wie groß die Wellenlänge eines bestimmten Tones in der Luft ist. Denn es ist ja die Fortpflanzungsgeschwindigkeit gleich der Wellenlänge mal der Schwingungszahl. Also ein Ton von 440 Schwingungen pro Sekunde hat danach eine Wellenlänge von $\frac{330}{440}$ $m = \frac{3}{4}$ m, und ebenso kann man für jeden anderen Ton die Wellenlänge berechnen.

Wir haben uns weit vom Licht entfernt, das doch der Gegenstand unserer Untersuchung ist. Aber wir haben

jetzt Einsichten gewonnen, die wir bei den optischen Erscheinungen sofort verwenden können.

Es schien uns nach dem Vorgang von Huyghens, als ob die Tatsachen der Farben dünner Blättchen sich erklären lasse als eine Interferenzerscheinung, was aber eben erforderte, daß das Licht ebenso wie der Schall eine Wellenbewegung sei.

Die notwendigste Eigenschaft, die danach vom Lichte erfüllt sein muß, wäre aber dann die, daß es sich mit bestimmter Geschwindigkeit durch den Raum fortpflanze, daß wir ein Licht nicht sofort sehen, wenn es entzündet ist, einen Körper nicht sofort sehen, wenn er beleuchtet wird, sondern eine gewisse Zeit später. Dem Augenschein widerspricht diese Annahme durchaus und ich glaube, ein noch so tiefsinniger Grieche oder Römer, ein Aristoteles oder Archimedes oder Lucretius, hätte diese Annahme ungereimt gefunden.

Und doch ist sie richtig, und doch läßt sich auf verschiedenfache Weise mit Sicherheit beweisen, daß das Licht Zeit braucht, um sich fortzupflanzen, ja es läßt sich die Geschwindigkeit dieser Fortpflanzung sehr genau messen, obwohl sie außerordentlich groß ist, 300 000 *km* pro Sekunde.

Alle Entfernungen, die wir auf der Erde haben, werden von dem Licht in so kurzer Zeit durchlaufen, daß es nicht möglich ist, diese Zeit zu erkennen, außer wenn man ganz besonders feine physikalische Hilfsmittel dazu anwendet.

In der Tat wurde auch die Entdeckung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes zuerst auf astronomischem Gebiet gemacht, wo man es ja mit so großen Entfernungen zu tun hat, daß das Licht eine sehr

bequem meßbare Zeit braucht, um sie durchzulaufen. Ein schwedischer Astronom Olaf Römer beobachtete 1675 die Umlaufszeit eines Mondes des Planeten Jupiter, und zwar dadurch, daß er die Zeiten bestimmte, in welchen dieser in den Schatten des Jupiters eintrat und nach einem Umlauf wieder in denselben eintrat. Diese Umlaufszeit ergab sich zu 42 Stunden 28 Minuten 36 Sekunden. Zur Zeit, als Römer diese Bestimmung machte, war die Erde gerade auf ihrer Bahn in der nächsten Nähe des Jupiters. Ungefähr ein halbes Jahr später, als die Erde in ihrer größten Entfernung von dem Jupiter war, wollte er das Eintreten des Mondes in den Schatten wieder beobachten, und da er genau wußte, wann er den Mond ein halbes Jahr vorher zum letztenmal hatte eintreten sehen, und da er die Umlaufszeit bestimmt hatte, so konnte er auf die Sekunde vorhersagen, wann der Mond wieder in den Schatten eintreten mußte. Aber er wartete vergeblich, er mußte 986 Sekunden (16 Minuten 26 Sekunden) warten, bis der Moment des Eintretens in den Schatten kam. Da es nun bei den himmlischen Ereignissen nicht so wie bei unseren Eisenbahnen Verspätungen gibt, so dachte Römer über die Ursache nach und fand sie darin, daß das Licht des Jupitermondes, um in sein Auge zu gelangen, das zweitemal ja einen größeren Weg zurückzulegen hatte als das erstemal, nämlich den Durchmesser der Erdbahn noch besonders zu durchlaufen hatte. Daraus schloß er und fortgesetzte Beobachtungen bestätigten ihm dies, daß die Fortpflanzung des Lichtes nicht momentan geschieht, sondern Zeit braucht und daß dies die Ursache der Verspätung sei. Er konnte sogar daraus sofort die Geschwindigkeit des Lichtes

bestimmen. Denn da der Durchmesser der Erdbahn etwa 300 Millionen *km* ist und da diese Strecke vom Licht in 986 (rund 1000) Sekunden durchlaufen wird, so beträgt die Geschwindigkeit des Lichtes

rund 300 000 *km* pro Sekunde.

Nachdem man einmal diese Zahl angenähert kennt, gelingt es heute sogar, durch verfeinerte Zeitmessungen, die Lichtgeschwindigkeit in dem Raum eines Zimmers zu messen.

Damit ist nun die erste Forderung, die wir aufgestellt haben, erfüllt. Das Licht braucht tatsächlich Zeit, um sich fortzupflanzen. Aber wir müssen nun näher zusehen, ob in der Tat durch unsere Annahme, daß das Licht eine Wellenbewegung sei, die Erscheinung der Farben dünner Blättchen, von der wir ausgingen, erklärt wird, d. h. wann und unter welchen Umständen das Licht Interferenzen zeigt.

Interferenz tritt bei Wellenbewegungen immer nur dann auf, wenn zwei Wellenzüge sich in demselben Körper ausbreiten und dieselben Teile angreifen. Dabei ist es nun leicht einzusehen, wie sich zwei solche Wellen verhalten werden. Zu dem Zweck müssen wir noch eine Bezeichnung einführen. Die größte Entfernung, die ein in Schwingung versetztes Teilchen von der Ruhelage aus nach oben oder nach unten erreicht, nennt man die Amplitüde der Wellenbewegung. Wir wollen nun untersuchen, was geschieht, wenn zwei Wellen von gleicher Wellenlänge sich in derselben Richtung fortpflanzen, zwei Wellen, die durch die beiden punktierten Kurven I und II in Fig. 27 angegeben sind. Diese beiden Wellen haben gleiche Wellenlänge (die Strecke *a e* ist ebenso groß wie *b f*), sie haben auch gleiche

Amplitüden, aber sie unterscheiden sich in einer Hinsicht. Sie gehen nämlich nicht gleichzeitig durch die Ruhelage hindurch. Die Welle I zum Beispiel geht bei *a* und *e* durch die Ruhelage nach oben, die Welle II bei *d*. Man sagt von zwei solchen Wellen, sie haben einen Gangunterschied, und dieser Gangunterschied ist gerade die Strecke *d e*, die man aber nicht in Zentimetern, sondern in Teilen der ganzen Wellenlänge ausdrückt. Aus dem Zusammenwirken der beiden Wel-

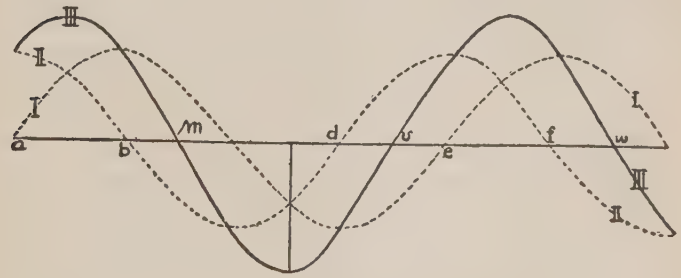


Fig. 27.

len entsteht die Welle III, die stark ausgezogene Kurve. Jedes Teilchen macht eben die Bewegungen beider Wellen zusammen und es bildet sich daher eine resultierende Welle. Diese hat, wie man sieht, auch noch dieselbe Wellenlänge, aber sie hat eine andere, und zwar hier größere Amplitüde, und sie hat endlich einen Gangunterschied sowohl gegen die erste, wie gegen die zweite Welle. Der Gangunterschied gegen die erste Welle wird durch die Strecke *v e*, der gegen die zweite durch *d v* angegeben. Das gilt allgemein: Durch das Zusammenwirken zweier Wellenbewegungen entsteht eine neue, welche im allgemeinen eine andere Amplitüde

und einen Gangunterschied gegen jede der komponierenden Wellen hat.

Wenn wir die beiden Wellen I und II in Fig. 28 betrachten, so geht die Welle I bei *a* nach oben, bei *b* nach unten, bei *c* nach oben, während die Welle II bei *a* nach unten, bei *b* nach oben, bei *c* nach unten geht. Diese beiden Wellen haben also einen Gangunterschied. Die erste geht bei *a* durch die Ruhelage nach oben, die zweite bei *b*. Der Gangunterschied ist also die Strecke *a b*, welche gleich der Hälfte der Wellenlänge *a c* ist.

Fig. 28.

Aus dem Zusammenwirken dieser beiden Bewegungen entsteht nun Ruhe. Die Teilchen, die sich von der ersten Welle aus nach oben, von der zweiten aus um ebensoviel nach unten bewegen sollen, bleiben überhaupt in der Ruhelage III. Es fallen eben dabei die Wellentäler der ersten Welle mit den Wellenbergen der zweiten zusammen und umgekehrt.

Das Resultat unserer Betrachtung können wir so aussprechen: Zwei Wellenbewegungen von gleicher Amplitüde vernichten sich vollständig, wenn sie einen Gangunterschied von einer halben Wellenlänge haben, sie verstärken sich am meisten, wenn sie keinen Gangunterschied haben.

Damit aber haben wir ein scharfes Kennzeichen erlangt, um zu entscheiden, ob die Hypothese, daß das

Licht eine Wellenbewegung ist, wirklich Stich hält. Wir brauchten nur von zwei gleich starken Lichtquellen — denn die Amplitüde würde dabei von der Stärke des Lichtes abhängen — das Licht so auf eine und dieselbe Fläche zu werfen, daß wir Gangunterschiede bekämen, dann hätten wir auch Interferenzen. Indes zeigt es sich, daß man niemals Gangunterschiede und Interferenzen wirklich erhalten kann, wenn man versucht, das Licht von zwei verschiedenen Lichtquellen in passender Weise zusammenwirken zu lassen. Vielmehr ist es immer notwendig, die beiden Lichtquellen voneinander abhängig zu machen, indem man sie von einer einzigen Lichtquelle, sei es durch Spiegelung oder durch Brechung oder auf irgendeinem Wege erzeugt. Der Grund dafür liegt darin, daß wir bei zwei verschiedenen Lichtquellen es nie bewirken können, daß sie genau gleiche Periode und Amplitüde und namentlich immer gleichen Gangunterschied haben. Bei zwei voneinander abhängigen Lichtquellen aber läßt sich das leicht hervorbringen.

Nach diesem Grundsatz kann man nun in der Tat merkwürdige Interferenzerscheinungen hervorbringen. Der übersichtlichste und deutlichste Versuch dieser Art rührt von dem Engländer Thomas Young her, einem der geistreichsten Physiker seiner Zeit (Ende des achtzehnten Jahrhunderts).

Young also erzeugte (Fig. 29) von der Sonne durch eine Linse einen leuchtenden Punkt *S* und ließ von diesem aus das Licht durch zwei kleine Öffnungen *A* und *B* eines schwarzen Schirmes in den Raum hinter dem Schirm eindringen. Die beiden leuchtenden Öffnungen ersetzten die beiden Lichtquellen, von denen wir eben sprachen. Die Öffnungen müssen sehr nahe

beieinander sein. Auf einem Schirm *W* nun zeigen sich in diesem Falle farbige Streifen, welche, wenn die beiden Öffnungen *A* und *B* senkrecht übereinander stehen, auf dem Schirm horizontal sich erstrecken.

Durch Anwendung von farbigen Gläsern, durch welche man aus dem weißen Licht angenähert homogene Farben herausnimmt, sieht man, daß die Färbung dieser

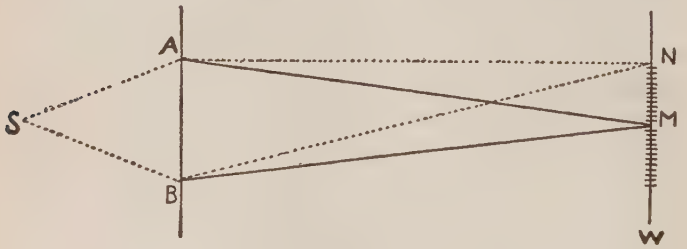


Fig. 29.

Streifen durch Mischung hervorgerufen ist. Denn jetzt sind sie abwechselnd hell und dunkel. Dies sind nun Interferenzstreifen, die folgendermaßen zustande kommen. Die Mitte der Figur *M* wird von einem hellen Streifen eingenommen. In der Tat haben da die beiden Strahlen *A M* und *B M* keinen Gangunterschied. Sie haben gleiche Länge und auf jedem von ihnen sind also gleich viele Wellenlängen. Geht man von der Mitte *M* aus aber nach oben oder unten, z. B. in der Richtung nach *N* zu, so wird der Weg *B N* immer etwas größer als der Weg *A N*. Auf dem ersteren liegt also immer eine größere Anzahl von Wellen als auf dem zweiten und daher haben die beiden Lichtbewegungen bei der Ankunft am Schirm einen Gangunterschied. Der Gangunterschied, der bei *M* den Wert Null hatte,

wächst, wenn man von *M* nach unten oder oben geht und da, wo der Gangunterschied gleich einer halben Wellenlänge des angewandten Lichtes geworden ist, sieht man den ersten dunklen Streifen, oben und unten. Der Gangunterschied wächst dann, wenn man auf dem Schirm weiter fortschreitet, noch weiter, bis er gleich einer ganzen Wellenlänge geworden ist, was so viel ist, wie daß da die Strahlen wieder keinen Gangunterschied haben. Dort erhält man also einen hellen Streifen, wie in der Mitte. Beim weiteren Fortschreiten wieder einen dunklen usw. So kommen also diese Streifen direkt durch Interferenz der Wellen zustande und sie sind ein scharfer und entscheidender Beweis für die Wellennatur des Lichtes.

Aber dieses Experiment gibt uns noch mehr, wir können aus ihm auch direkt die Wellenlänge des Lichtes berechnen. Denn, wenn z. B. der erste dunkle Streifen von der Mitte aus an der Stelle *N* liegt, so ist der Gangunterschied zwischen den beiden Strahlen *B N* und *A N* gleich der halben Wellenlänge des angewendeten Lichtes. Der Gangunterschied dieser beiden Strahlen ist aber der Unterschied ihrer Längen; wenn man also die Länge der beiden Strahlen *B N* und *A N* und damit ihren Unterschied messen kann — was gar keine Schwierigkeit hat —, so kann man dadurch die Wellenlänge bestimmen.

Aus einem ähnlichen Experiment hat Fresnel zum erstenmal auf diese Weise bei rotem Licht, welches er angewendet hatte, die Wellenlänge bestimmt und fand diese gleich 0,00067 *mm*. Wenn der Abstand der beiden Öffnungen *A* und *B* und der Abstand der Wand *W* von den Öffnungen etwa so wäre, wie er in der Figur gezeichnet ist, so würden die abwechselnd hellen und

dunklen Streifen so nahe aneinander liegen, innerhalb der Tausendstel eines Millimeters, daß wir sie gar nicht erkennen könnten. Damit trotz der Kleinheit der Wellenlänge ein bequem erkennbarer Abstand zwischen dem hellen Streifen *M* und dem ersten dunklen Streifen *N* entsteht, ist vielmehr notwendig, daß der Unterschied der beiden Strahlen *B N* und *A N* nur sehr wenig größer sei als der Unterschied der beiden Strahlen *B M* und *A M*, und das ist zu erreichen, wenn 1. die beiden Öffnungen *A* und *B* sehr nahe beieinander liegen, 2. die Wand *W* sehr weit von den Öffnungen entfernt ist. Hält man diese zwei Bedingungen auch in ähnlichen Fällen ein, so kann man immer leicht Interferenzen hervorrufen. Ich möchte Ihnen einen derartigen Versuch zeigen. Diese Glasplatte (Fig. 30) ist, wie Sie sehen, bis auf zwei rechteckige Streifen ganz mit Tusche schwarz gefärbt. Ich will nun die Glasplatte so in den Strahl meines Bogenlichts stellen (Fig. 31), daß auf die beiden freigelassenen Teile das Licht streifend einfällt, möglichst nahe parallel mit der Glasfläche. Von jedem der beiden Streifen wird dann Licht nach der Wand reflektiert, und diese beiden reflektierten Strahlen durchdringen sich und bringen Interferenzen hervor. Die beiden Glasrechtecke meiner Glasplatte bilden die beiden Lichtquellen, die wir brauchen. Sie sind voneinander abhängig, da sie von derselben Quelle gleichzeitig ihr Licht beziehen. In der Tat sehen Sie auf dem Schirm ein helles Rechteck und seitlich von demselben farbige Streifen, welches eben unsere Interferenzstreifen sind.

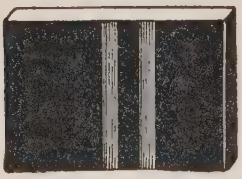


Fig. 30.

Ich setze vor meine Lampe ein rotes Glas. Sie sehen abwechselnd schwarze und rote Streifen; ich setze ein blaues Glas davor, Sie sehen abwechselnd blaue und schwarze Streifen. Wenn wir scharf beobachten oder ~~gar~~ messend die Erscheinung verfolgen, so werden wir leicht erkennen, daß im ersten Falle beim roten Licht der Abstand des ersten schwarzen Streifens von der Mitte des Bildes größer ist als im zweiten Falle beim

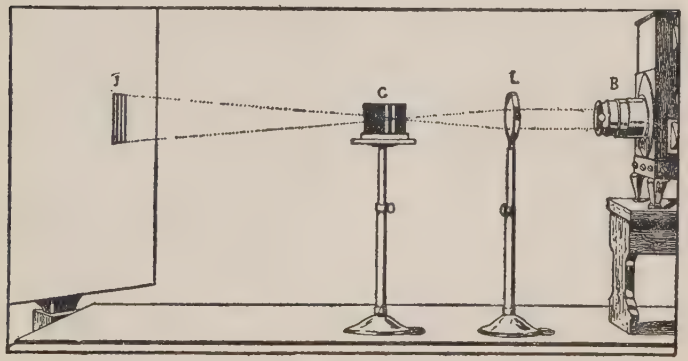


Fig. 31.

blauen Licht. Nun entsteht der erste dunkle Streifen immer dort, wo der Gangunterschied der beiden zusammenwirkenden Strahlen eine halbe Wellenlänge beträgt. Daraus folgt, daß die Wellenlänge des roten Lichtes größer ist als die des blauen Lichtes. Die Interferenzen für die einzelnen Farben fallen also nicht zusammen und das ist gerade die Ursache, warum man bei weißem Licht nicht einfach weiße und schwarze, sondern farbige Streifen sieht.

Wir sind allmählich in unserer Erkenntnis viel weiter gekommen. Wir haben bewiesen, daß das Licht eine Wellenbewegung ist, wir haben die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ermittelt und erkannt, daß die roten Strahlen größere Wellenlänge haben als die blauen. Wir haben auch die Wellenlänge von rotem Licht nach Fresnel kennen gelernt.

Solche Messungen, wie sie Fresnel für sein rotes Licht angestellt hat, kann man nun für alle möglichen Farben des Spektrums anstellen; sehr einfach z. B. indem man die Flamme des Bogenlichts durch Natrium-, Lithium-, Cäsiumsalze färbt und damit ganz bestimmte Farben erzeugt, und die Abstände der einzelnen dunklen Interferenzstreifen mißt. So hat man z. B. folgende Zahlen gefunden:

Rotes Licht . .	(in d. Nähe d. Linie *A*)	hat d. Wellenl.	0,000760 *mm*
- - . .	(- - - - - *B*)	- - -	0,000687 -
- - . .	(- - - - - *C*)	- - -	0,000656 -
Gelbes Licht . .	(- - - - - *D*)	- - -	0,000589 -
Grünes Licht . .	(- - - - - *E*)	- - -	0,000527 -
Hellblaues Licht .	(- - - - - *F*)	- - -	0,000481 -
Dunkelblaues Licht	(- - - - - *G*)	- - -	0,000431 -
Violettes Licht .	(- - - - - *H*)	- - -	0,000393 -

Da die Wellenlängen der einzelnen Farben nur kleine Bruchteile eines Millimeters sind, so ist es zum Schreiben und zum Sprechen vorteilhaft, sie immer in Tausendsteln Millimeter auszudrücken. Der Buchstabe μ ist in der Optik zur Abkürzung von einem Tausendstel Millimeter sowohl in der Schrift als beim Sprechen (Mü) eingeführt. Das Licht der *D*-Linie hat also die Wellenlänge 0,589 μ, das äußerste rote bei *A* die Wellenlänge 0,760 μ, dem äußersten Violett, welches noch etwas

hinter *H* liegt, kann man die Wellenlänge 0,380 μ, welches gerade die Hälfte von der Wellenlänge bei *A* ist, zuschreiben, so daß man kurz sagen kann, das (sichtbare) Spektrum enthält Wellenlängen von 0,380 μ bis 0,760 μ.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes beträgt, wie wir gesehen haben, 300 000 ($3 \cdot 10^5$) *km* pro Sekunde. In Metern ausgedrückt sind das $3 \cdot 10^8$, also dreihundert Millionen, in Millimetern ausgedrückt $3 \cdot 10^{11}$, dreihundert Milliarden, in μ ausgedrückt $3 \cdot 10^{14}$ gleich dreihundert Billionen, eine fürchterlich große Zahl. Nun hängen ja, wie wir vorhin gesehen haben, die Wellenlänge, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und die Schwingungszahl bei der Wellenbewegung so zusammen, daß die Schwingungszahl gleich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit dividiert durch die Wellenlänge ist. Wir können danach berechnen, daß gelbes Licht von der Linie *D* die Schwingungszahl 500 Billionen ungefähr hat. Das heißt, wenn ein gelber Lichtstrahl sich von einer Natriumflamme durch den Raum ausbreitet, so macht jedes Teilchen der Natriumflamme und jedes Teilchen des Stoffes, durch welches das Licht hindurch sich fortpflanzt, in jeder Sekunde die angenehme Anzahl von 500 Billionen Schwingungen.

Welcher Stoff ist es nun aber, der die Wellenbewegungen ausführt, aus denen das Licht besteht? Darüber haben wir noch gar nicht gesprochen. Sind es die Teilchen der Körper selbst, welche schwingen, wie es bei der Schallbewegung der Fall ist? Sind es die Teilchen der Luft oder des Wassers oder des Glases selbst, welche sich bewegen? Die Antwort auf die Frage muß verneinend lauten. Denn erstens geht das Licht auch durch alle Räume hindurch, aus welchen die

gewöhnliche Materie so weit wie überhaupt möglich fortgeschafft ist. Wenn wir aus einem Glasgefäß die Luft, soweit wir nur können, auspumpen, so daß der Schall durch die so verdünnte Materie absolut nicht mehr hindurchgeht, so ist für das Licht absolut keine Veränderung zu merken. Ferner gelangt das Licht von der Sonne und den Sternen doch zu uns und in diesen interstellaren Räumen ist von solcher Materie, wie wir sie auf der Erdoberfläche haben, sicher nichts vorhanden, weil sonst die Bewegung der Planeten infolge ihres Widerstandes eine ganz andere wäre. Also die gewöhnliche Materie kann es nicht sein, welche in Wellenbewegung kommt und dadurch das Licht fortpflanzt.

Aus diesen Gründen muß man annehmen, daß der Träger der Lichtbewegung ein Stoff ist, den wir mit unseren Sinnen nicht wahrnehmen können, der sich uns eben nur durch diese Lichtfortpflanzung und durch einige andere Erscheinungen manifestiert. Diesen Stoff nennen wir den Äther oder Lichtäther. Von ihm müssen wir voraussetzen, daß er von einer außerordentlich geringen Dichtigkeit ist und daß er überall im Raume vorhanden ist. Er muß nicht nur den Weltraum zwischen den Sternen erfüllen, wo man ihn den Weltäther nennt, sondern er muß auch bei unseren irdischen Körpern überall zwischen den kleinsten Körperteilchen existieren, weil eben diese Körper, wenigstens die durchsichtigen — und in genügend dünner Schicht sind alle Körper durchsichtig —, auch das Licht fortpflanzen.

Der Äther ist allerdings ein hypothetisches Element in der Naturforschung. Aber wir können eine ganze Anzahl von Vorgängen, und zwar zunächst alle optischen

durchaus nicht begreifen, wenn wir nicht ein solches Element zu Hilfe nehmen. Welche Eigenschaften speziell dem Äther beizulegen sind, außer der sehr geringen Dichtigkeit, darüber können wir nicht viel aussagen und es ist möglich, daß die eigentliche Natur dieses Lichtträgers uns noch große Überraschungen bieten wird. Aber für die Optik brauchen wir von dem Äther vorläufig nichts weiter zu wissen, als daß er Wellen von außerordentlich geringer Dauer und mit außerordentlich großen Schwingungszahlen durch sich hindurchschreiten läßt, und zwar mit einer enormen Geschwindigkeit.

Unsere Betrachtungen haben sich etwas weit entfernt von demjenigen, was wir direkt mit den Augen sehen können. Aus den Farben der Seifenblasen haben wir auf Interferenzen, aus der Interferenzerscheinung des Lichts haben wir auf seine Wellennatur geschlossen, aus der Annahme von Wellen sind wir zu der Einführung des Weltäthers gekommen und haben außer unserer direkt sichtbaren Welt noch eine unsichtbare uns konstruiert, die die sichtbare durchdringt und erweitert.

NOTES

NOTES

WORKS OF REFERENCE WITH ABBREVIATIONS

Brockhaus = Brockhaus' Konversations-Lexikon. 14. Auflage.
Meyer = Meyers Großes Konversations-Lexikon. 6. Auflage.
Graetz, Hertwig, Klein, Michelis, Ochs, Rikli, Walther, Wegener } For full titles see Table of Contents.

ANTHROPOLOGY

Page 3. — line 3. **aus** is adverbial and is to be construed with the preceding *von* in the sense of *from the sun as a starting-point.* Cf. note **41,** 9.

4. **aber** appears here in its older meaning = *noch einmal, wieder. Millions and (again) millions of years.* As to the age of the earth cf. Walther, p. 162.

6. **und gewann selbständige Gestalt.** For a more detailed account of this process cf. Walther, p. 35.

13. **Lebewesen.** It is not customary in German works to print words to which it is desired to give special emphasis in italics. Instead the letters are spaced as here. Numerous instances will be found throughout this book.

4. — 3. **Tertiär.** The following table will show the relation of the tertiary age to the preceding and to the more recent geological periods, and will be found of value also in connection with other statements in this article and in the one on Geology. The "drei Hauptepochen" mentioned in the text correspond with the Tertiär, Diluvium and Alluvium of the table, the two latter appearing here as subdivisions of the Quartärformation.

Känozoische Formationsgruppe	Quartärformation (Anthropozoische Formation)	Alluvium
		Diluvium
	Tertiärformation	Pliocän
		Miocän
		Oligocän
		Eocän
Mesozoische Formationsgruppe	Kreideformation	Senon
		Turon
		Cenoman
		Gault
		Neocom
	Juraformation	Malm
		Dogger
		Lias
	Triasformation	Keuper
		Muschelkalk
		Buntsandstein
Paläozoische Formationsgruppe	Permische Formation (Dyas)	Zechstein
		Rotliegendes
	Steinkohlenformation	Produktive Steinkohlengruppe
		Subcarbon (Kulm)
	Devonische Formation	
	Silurische Formation	
	Cambrische Formation	
	Präcambrische Formation	
Archäische Formationsgruppe	Urschieferformation	
	Urgneisformation	

(Brockhaus, art. "Geologie")

10. **der heutigen klimatischen Zonen.** "Erst seit der mittleren Tertiärperiode sind die beiden heutigen Kältepole der Erde nachweisbar. In Gebieten, wo früher Palmen und Brotfruchtbäume gediehen, häufte sich immer wachsende Schneemassen an, und zwei eisige Gürtel drangen von den Polen langsam gegen niedere Breiten vor." Walther, p. 454.

15. **Eifel, Siebengebirge und Rhön.** The careful student will not fail to locate these mountain ranges on the map in case he is not already familiar with them. Cf. note **107,** 5.

18. **Diluvium,** from the Latin *diluvium*, "deluge," "flood." So called by early observers because of the similarity or supposed identity

of the effects produced by the wide-spread glaciation of this period with those attributed to Noah's flood.

23. **Alluvium,** from the Lat. *alluvius, –um,* "washed up," "deposited." "Die Gesteinsgebilde der Gegenwart sind nämlich durch Vermittelung des Wassers, seltener des Windes, zur Ablagerung gelangt." Cf. Brockhaus or Meyer, art. "Alluvium."

30. **unmöglich . . . Zeitpunkt anzugeben.** It is possible, however, to establish with some degree of accuracy an upper and a lower limit (*terminus a quo* and *terminus ad quem*) for the first appearance of man upon the earth. For many centuries the story of creation as narrated in the book of Genesis was interpreted to mean that the age of man dates from about the year 4004 B.C. The reaction against this narrow view has led some to believe and assert that man has already existed for "millions of years." Neither of these beliefs is entertained by modern anthropologists. Cf. p. 7, ll. 29 ff. and the chart shown under note **6,** 9.

5. — 4. **Eolithen,** from the Greek ἠώς, "dawn," and λίθος, "stone." Cf. the illustration on p. 19; also Plate I to art. "Steinzeit" in Meyer.

8. **Rutot, Verworn, Hoernes.** While the articles in this book are necessarily condensed and many omissions have been made, the names of prominent scientists have been left standing, as a rule, in the belief that the student will do well to acquaint himself with them and in the hope that he may be led to look into their published works when and where accessible.

9. **haben . . . beweisen wollen,** *sought to prove* or *claimed to prove.* The inconclusive nature of the proof offered by the eoliths is indicated in the following remark by Boelsche (*Der Mensch der Vorzeit,* Vol. I): "Wer will solchem Einzelstein als reinem Naturprodukt ansehen, ob er als erstes Menschenwerkzeug gedient haben könnte, oder ob er wirklich schon dazu gedient hat?" Nevertheless, the argument for the existence of tertiary man in the following lines (10–16) applies also to the human origin of the eoliths.

14. **der,** dat. fem. of the relative pronoun referring to *Kultur* and governed by *vorangegangen.*

17. **Die Eiszeit . . . Erdhälfte.** The cause or causes of the glacial age are much more complicated than this remark might lead one to suppose. Cf. the chapter "Die diluviale Schneezeit" in Walther, from which here only one sentence can be quoted: "Die Ausdehnung jener ungeheuren Eisfelder, welche in Europa die dreifache Fläche von Grönland, in Nordamerika aber die neunfache Fläche bei einer Mächtigkeit von mehr als 1000 m erreichte, entsprach also nicht so sehr einem Sinken der Temperatur als einer Steigerung der atmosphärischen Niederschläge."

22. **zur Zeit ihrer größten Ausdehnung.** Cf. the map, "Die Ausdehnung der diluvialen Eisdecken im Ufergebiet des nördlichen Atlantik," Walther, p. 494.

6. — 3. **Mortillet, G. et A. de:** *Le Préhistorique.* Paris 1900.

5. **Hoernes, Moritz:** *Natur- und Urgeschichte des Menschen.* Vienna, 1909.

9. **Chelléo-Moustérien, Solutréen, Magdalénien,** from the names of the French villages Chelles (Seine-et-Marne), Solutré (Saône-et-Loire), Le Moustier and La Madeleine (Dordogne). The following chart is worthy of careful inspection and while it does not agree in every particular with the statements in the text, the agreement is as close as can be expected at this time in so delicate and difficult a problem.

MAMMALS CONTEMPORARY WITH MAN AT HIS SUCCESSIVE STAGES OF ADVANCEMENT.	NAMES OF THE GEOLOGICAL PERIODS AT THESE STAGES	NAMES AND GRAPHICAL REPRESENTATION OF THE DEPOSITS OR STRATA. FORMED AT THESE TIMES, IN WHICH IMPLEMENTS AND FOSSIL BONES HAVE BEEN FOUND.		NAMES OF THE CULTURE LEVELS WHICH INDICATE MAN'S CONDITION BY THE CHARACTER OF HIS STONE AND OTHER IMPLEMENTS.	NAMES OF THE PERIODS OR STAGES IN MAN'S ADVANCEMENT IN CULTURE AND SKILL	AGE OF THE LATEST OR PLEISTOCENE PERIOD OF THE EARTH: ACCORDING TO PROF. A. PENCK
MAMMOTH HORSE OF THE CAVE PERIOD REINDEER CAVE BEAR. SPOTTED HYENA. WOOLLY RHINOCEROS.	Upper Quaternary	Brick Earth Ergeron Eolian (wind) Deposits		NEOLITHIC (or Age of Polished Stone Implements. LOWER MAGDALENIAN. SOLUTREAN. AURIGNACIAN.	UPPER PALÆOLITHIC: or Age of Rough Stone and Bone Implements. Cave Frescoes, Carvings on Bone, etc. of the CAVE MAN *Homo aurignacensis.* NEANDERTHAL MAN and relatives, Krapina and Spy.	MODERN AND NEOLITHIC. 8,000 Years. 14,000 Years. 40,000 Years.
MAMMOTH	Middle Quaternary	Gray Clay Laminated Clay Gray Clay Potters' Earth Fluvial Sands Fluvial Sands Flinty Layer		MOUSTERIAN. UPPER ACHEULIAN. LOWER ACHEULIAN. CHELLEAN. STREPYAN.	LOWER PALÆOLITHIC: or Age of Rude Stone Implements of the RIVER MAN.	100,000 Years. 400,000 Years.
EARLY MAMMOTH. ETRUSCAN RHINOCEROS.	Lower Quaternary	Sand and Potter's Earth Flinty Layer		MESVINIAN MAFFLEAN	EOLITHIC PERIOD or Age of Primitive Stone Implements *Homo Heidelbergensis.* *Pithecanthropus erectus.*	
PRIMITIVE ELEPHANT.	Tertiary.					750,000 Years.

American Museum Journal, XII, 8.

13. **eine interessante Tierwelt.** Cf. the article "Leitfossilien" in Brockhaus which presents in tabular form the flora as well as the fauna of Central Europe for all the geological periods. The period here in question is the *Diluvium.*

20. **Le Moustier . . . Rübeland.** How are these points distributed in relation to the boundaries of the fields of glaciation extending from

the north (Scandinavia) and the south (Alps, Pyrenees)? Cf. map, Walther, p. 494 and s. note **107,** 5.

7. — 16. **das Mammut findet sich . . . im Osten vor.** Cf. p. 17, ll. 12–16. In the east (Siberia) the mammoth probably found not only climatic conditions better adapted to its needs, but also comparative freedom from the attacks of prehistoric huntsmen.

18. **jenes Tieres,** gen. after *die Zeit* understood.

25. **Crô-Magnon.** A photograph of this now famous hamlet is shown in the *American Museum Journal* for December, 1912. Residents of New York City and visitors are urged to inspect the large model of the cavern of Castillo in the American Museum (77th St. and Central Park West), representing a continuous succession of cultures from the middle of the older paleolithic to the beginning of the age of copper and bronze.

26. **Keßlerloch,** "an der Eisenbahn von Konstanz nach Schaffhausen, 1 km westlich von Thaingen. Nur am Ende der Mammutzeit und im Anfang der Renntierzeit hat das K. als menschlicher Wohnort gedient. Daß dieses aber durch sehr lange Zeiträume hindurch geschehen ist, wird durch die ungeheure Menge der zerschlagenen Knochen von Tieren bewiesen, die nicht weniger als sechs verschiedenen Faunen angehören. Bemerkenswert ist ferner das Vorkommen von menschlichen Skeletteilen auffallend kurzer Dimensionen, woraus man den Nachweis einer prähistorischen Pygmäenrasse versucht hat." Cf. Meyer, "Kesslerloch"; Brockhaus, "Thayingen."

28. **Gudenushöhle.** Cf. note **21,** 4.

31. **mit,** adverbial, *among others, one of.*

8. — 1. **500 000 Jahre.** Notice that in printing a number running up into the thousands it is not customary to use the comma. Instead the thousands are separated from the hundreds by a space or, less frequently, by a period (p. 183, l. 19). As to the use of the comma with numerals cf. note **96,** 7. Penck's contributions to geography, geology and anthropology are numerous and valuable. See the account of his life and the list of his works in Brockhaus or Meyer.

14. **ein Alter von rund 400 000 Jahren.** The method by which Reinhardt arrived at this result is described on p. 11, ll. 13–16.

32. **die Neandertalrasse.** So called from the discovery in the year 1856 of a human skull and other remains in a cavern (die Neanderhöhle) opening into a ravine known as the Neandertal, near Düsseldorf.

9. — 1. **Neandertaler.** This word is not comparable directly with English *Londoner, New Yorker,* etc. The latter are formed after the analogy of the numerous nomina agentis in *-er,* such as *talker, walker,* etc. As to the former cf. note **183,** 10.

26. **einen . . . menschlichen Typus,** in contrast with the apes, all of which possess relatively long arms and short legs.

11. — 2. **den ältesten . . . Menschenrest.** Since this was written a human skull and mandible have been unearthed at Piltdown (Sussex) in southern England which undoubtedly rival if they do not surpass the Heidelberg mandible in point of age. This skull, together with a number of eoliths found in the same vicinity, is described and illustrated with several excellent plates in the *Quarterly Journal of the* (British) *Geological Society*, March, 1913, pp. 117 ff.

4. **„Massigkeit".** The quotation marks are to indicate that the word is not in common use but is coined for the occasion from the adjective *massig*, "massive," "heavy."

12. **der Schädel von Le Moustier.** A photograph of this skull is shown in Michelis on p. 11.

12. — 6. **Reinhardt, L.,** *Die erste menschliche Bevölkerung Europas zur Eiszeit* (Frankfurt am Main 1910).

11. **Sie gilt nach Wilser als Stammvater der Nordeuropäer.** Since the present population of northern Europe is chiefly of Indo-Germanic origin — so far at least as we can judge from the languages spoken — the acceptance of this statement will depend largely upon the view that one holds as to the original abode of the Indo-Germanic race. This race, according to the usually accepted theory, occupied the territory in southeastern Europe and western Asia of which the mouth of the river Volga may be regarded as approximately the center. It was not perhaps until about the year 3000 B.C., or later, that the colonization of western and northern Europe by the Indo-Germanic tribes began. It is not conceivable, however, that the original inhabitants of these regions (the Crô-Magnon race) were entirely exterminated by the invaders. We may believe that the two races coalesced to a certain extent, so that without departing from the older theory it is still possible to regard *homo priscus* as one of the progenitors of the races of northern Europe. Dr. Wilser, however, contends that northwestern Europe was the original home of the Indo-Europeans and therefore identifies the latter with the Crô-Magnon race much more closely than is possible according to the view outlined above. In a letter dated April 9, 1914 he writes as follows: "Die Crô-Magnonrasse, naturwissenschaftlich Homo europaeus fossilis, halte ich allerdings für die Stammrasse der nordeuropäischen Menschenart mit dem Verbreitungszentrum in Skandinavien, aus der alle Völker des indogermanischen Sprachstamms, Inder, Perser, Griechen, Römer, Skythen, Kelten, Slaven, Litauer, zuletzt die Germanen hervorgegangen sind. Näheres finden Sie in meinem Büchlein ‚Rassen und Völker' (Leipzig 1912) und noch ausführlicher in meinem zweibändigen Werk ‚Die Germanen' (Leipzig 1913/14). Meine ‚Menschwerdung'[1] (Stuttgart 1907) ist rein natur-

[1] The source from which the statement in the text is taken.

wissenschaftlich und behandelt nur den Vormenschen (Proanthropus) und den Urmenschen (Homo primigenius)."

21. **glaubte man doch.** As to the word-order cf. note **151,** 19.

13. — 7. **Rauminhalt des Schädels von 1230 ccm.** Measurements of the Piltdown skull (note **11,** 2) both by millet-seed and by water show that it must have had a capacity of 1070 c.c. or a little more. It is therefore much below that of the Mousterian skulls from Spy (Fig. 1) and La Chapelle-aux-Saints which have a brain case larger than that of the average modern civilized man.

29. **einer** agrees with *Vorbereitungswelle.* If the construction is not clear cf. note **33,** 11.

14. — 2. **ließe sich . . . darstellen,** *would let itself be represented,* i.e. *could be represented.* For this use of the active infinitive after *lassen* with passive meaning cf. note **68,** 15. Another instance of the same construction in the next sentence.

15. — 10. **die mancherlei rudimentären Organe.** The list numbers more than one hundred. Cf. art. "Rudimentäre Organe des Menschen" in Meyer, "Rudimentäre Organe" in Brockhaus.

15. **Uhlenhuth, Paul:** "Ein neuer biologischer Beweis für die Blutsverwandtschaft zwischen Menschen- und Affengeschlecht" in the *Archiv für Rassen- und Gesellschafts-Biologie,* 1904.

27. **das Brocasche Sprachzentrum.** Named after its discoverer, Paul Broca (1824–1880), a French physician and anthropologist. "Broca stellte zuerst die Lokalisation des Sprachvermögens in einer bestimmten Windung des Vorderhirns fest. Seine Untersuchungen über die Kapacität des Schädels, die Bildung des Gehirns im Verhältnis zum Schädel, über die Winkelmessungen am Schädel u. s. w. sind als klassisch anerkannt." Cf. Brockhaus or Meyer.

16. — 2. **Hagenbeck Karl** (1844–), collector and dealer in wild animals. In his great Zoological Park near Hamburg the animals are exhibited mostly in large enclosures under conditions as similar as possible to those of nature. He was the first to exhibit animals of different countries attended by troupes of the natives of the respective countries and in recognition of the educational value of his exhibitions was awarded a diploma of merit by the French government in 1891.

3. **Stellingen-Hamburg.** This is a convenient way of indicating the fact that the smaller town is a suburb of the larger city with which its name is joined. Frequently, however, the order is reversed, e.g. Leipzig-Gohlis. — **seine** agrees with *Erfahrungen.* Cf. note **33,** 11.

26. **eine arktische Kälte.** The degree of cold that prevailed in Europe and America during the glacial period is still a matter of dispute. Certainly, one may live within sight of glaciers without experi-

encing any arctic temperatures, as the inhabitants of Switzerland, Alaska, etc. can testify. Cf. the reference given under note **5**, 17.

17. — 2. **Höhlenbär.** The skull of this animal and the skeletons and reconstructed figures of other animals of the glacial period are shown on the plates to art. "Diluvium" in Brockhaus and Meyer.

11. **ähnliche,** sc. *Funde.*

25. **fänden,** "plausible subjunctive" in clauses after a negative or a question, to indicate that the statement is to be taken with some reserve, or regarded as a subjective view. Cf. Curme, *A Grammar of the German Language*, § 168, II, C.

30. **Pfahlhütten.** Cf. note **28**, 24.

18. — 8. **Agni,** the old Hindu fire-god (Lat. *ignis*). It is significant that Agni is most prominent in the mythology of the most ancient period while later, when fire had lost its mystery, he is overshadowed by other gods. Cf. arts. "Agni" and "Prometheus" in Brockhaus or Meyer.

20. **Das Feuerkreuz.** This cross has had a wide use as a symbol and as a decorative form both in ancient and in modern times. It appears in heraldry under the name cross cramponee, as an ornament on ecclesiastical vestments it is known as gammadion and is familiar to all as a design in jewelry, where it bears its old Sanskrit name swastika. See the illustration under "fylfot" in the Cent. Dict., also plate to art. "Feuererzeugungsmethoden der Naturvölker" in Meyer, Vol. 23.

23. **„Element."** In quotation marks to suggest that the word is not used as in modern science (chemistry) but as employed by the ancients, who considered fire, water, earth and air as the elements out of which all things were formed.

25. **im Kultus . . . eine bedeutsame Rolle.** The importance of fire in religious worship is still shown by the burning of incense in Roman Catholic and in certain Protestant Episcopal churches, the modern counterpart of the "burnt offerings" of ancient times. The perpetually burning fire that was watched over by the Roman vestal virgins is suggestive of a time when it was a simpler task to supply the fire with fuel than to kindle a new one. Cf. art. "Feuerdienst" in Brockhaus or Meyer.

19. — 1. **eine Folge des aufrechten Ganges.** This important point was first clearly understood and discussed by Herder (1744–1803), the friend and mentor of the poet Goethe: "Die Gestalt des Menschen ist aufrecht; er ist hierin einzig auf der Erde. Denn ob der Bär gleich einen breiten Fuß hat und sich im Kampf aufwärts richtet: obgleich der Affe und Pygmäe zuweilen aufrecht gehen oder laufen; so ist doch seinem Geschlecht allein dieser Gang beständig und natürlich," etc. (*Herders Sämmtliche Werke*, ed. Suphan, 13, 110). It should be noticed

further that through the assumption of an upright posture man became free to use his hands for other purposes than locomotion. And while intelligence is needed for the guidance of the hand, the use of the hands has, conversely, afforded man the opportunity to develop his intelligence.

6. **die . . . nur ein Werkzeug ist.** It is interesting to recall in this connection that the German word for arsenal is *Zeughaus*. Unquestionably many of the paleolithic and neolithic implements, particularly the hammers and axes, were used both as tools and as weapons. The famous hammer of the Germanic god Thor was certainly more of a weapon than a tool.

Fig. 4. Puy Courny is in the Puy-de-Dôme district, south-central France, Beachy Head in southern England near Eastbourne, Spiennes in Belgium, Laugerie basse near the junction of the Vézère and Dordogne rivers, southwestern France. Cf. note **6,** 20.

20. — 4. **Steinwerkzeuge.** See the excellent plates to arts. "Urgeschichte" in Brockhaus, "Steinzeit" in Meyer.

21. **Schließlich . . . an hölzernen Stielen.** These wooden handles, being much more perishable than the stone heads, have naturally disappeared in most cases. Their use, however, is evident from the holes in the stone and the sockets in the bronze implements into which they were fitted. See the illustrations referred to in the preceding note.

21. — 4. **die Gudenushöhle** takes its name from the owner of the estate on which it was discovered, Heinrich von Gudenus. "Eine Ausgrabung (1883) ließ erkennen, daß die Höhle am Ende der letzten Eiszeit, während der sog. Renntierperiode, Menschen als Wohnplatz gedient hat. Es wurden Feuerstellen, über 1200 Steingeräte, wie Messer, Schaber, Pfeil- und Lanzenspitzen, Bohrer und Pfriemen, ferner allerlei Geräte aus Knochen, z. B. Nähnadeln, aus dem Schulterblatt vom Renntier geschnitzt, Schmucksachen, eine Pfeife, auch halbfertige Geräte gefunden; schließlich durchglühte Quarzgerölle, welche wohl als Kochsteine [cf. p. 26, ll. 13–16] dienten." Brockhaus, "Gudenushöhle."

8. **Gewänder aus Häuten.** The conical caps and close fitting garments worn by the women depicted in Fig. 5 on p. 22 are undoubtedly of the kind described. Cf. note **22,** 11.

23. **Vielmehr wimmelten die Wälder von Jagdtieren.** It must be remembered that the land animals whose habitat had once extended to the Arctic Ocean had been driven by the advancing glaciation into the same limited region that was occupied by the men of the glacial age, so that their numbers must have been unusually great. Thus fully three fourths of Great Britain was covered with ice and snow leaving only a narrow strip of southern England (Cornwall to Kent) open to plant and animal life.

28. **die liebe Eitelkeit.** The adj. *lieb* is often used in an ironical or semi-ironical sense (*Ich habe meine liebe Not mit ihm*, "I have trouble enough with him!"). Here we might say: *vanity so dear to the heart of man.*

30. **mit Gehängen aus Zähnen der Tiere.** If the college library contains a copy of Henne am Rhyn, *Kulturgeschichte des deutschen Volkes*, turn for illustrations to the plate on p. 9 in Vol. I. A dog's tooth used as an ornament is thus described: "Kleiner durchbohrter Hundezahn, 2,8 cm lang; oft in einer Anzahl von 19–20 und mehr am Halse von Skeletten gefunden, also früher an einer Schnur als Halsschmuck benutzt."

22. — 9. **K u n s t werke.** The word *Kunst* is emphasized to indicate that even in these primitive times men were occupied with something more than the mere struggle for existence (*Kampf ums Dasein*). One must remember, however, that the men of the Solutrean age already had a long period of development behind them, much longer, indeed, than the period of recorded history to which modern man looks back.

11. **Figs. 5, 6.** Crude as these drawings are in some respects it would hardly be possible to exaggerate their interest and importance for the anthropologist. Fig. 5 shows one of the very few wall-paintings of this age in which the human figure is portrayed. For while animals are represented in great numbers these ancient artists appear to have been reluctant to depict the human figure, or perhaps regarded it as not worth their while (cf. p. 23, ll. 7–10). The naturalistic effect is heightened by the use of colors, the boar shown in Fig. 6 being in sepia and red. These colors were produced by mixing various earths (oxide of manganese, etc.) with grease, probably animal fats. For further illustrations and discussion cf. the reference given under note **7**, 25.

23. — 3. **Wisent,** *European bison* (*Bos bison*). This animal is still found in the wild state in certain parts of Europe (Caucasus Mountains, District of Grodno in Russia, etc.) and throughout the middle ages was one of the most important beasts of the chase. See colored plate to art. "Wisent" in Brockhaus, Plate II to art. "Rinder" in Meyer. The slender horns and bodies of the cattle shown in Fig. 5 indicate that they are domesticated specimens of the aurochs (cf. note **30,** 5), a related but distinct species, frequently confused with *Bos bison.*

7. **Reinhardt-Basel** is not a double or hyphenated name. In these compounds the second member indicates the place of residence of the person referred to.

24. — 6. **folgte . . . den Spuren des . . . Renntiers.** Is the presence of the N. American Eskimo in the arctic regions to be accounted for in a similar way? To this day the place of residence of the continental

Eskimos is determined to a certain extent by the movements of the caribou, the American counterpart of the European reindeer.

13. **Edda,** the name given to two works of the Old Norse (Icelandic) literature, composed or collected in the thirteenth century, but containing songs and legends dating back as far as the ninth century or earlier. Cf. Brockhaus or Meyer, "Edda."

14. **aus schmelzenden Eisblöcken.** According to the mythology of the Edda these blocks or sheets of ice resulted from the freezing of the twelve torrents known as the Élivágar as they plunged into "chaos" (Ginnungagap). The name Ymir is interpreted to mean "der Rauscher," *the noisy one,* referring to the rush and roar of the Élivágar and in general to the noise of the waters with which Ymir, the mighty seagiant (*Meerriese*), is associated both before and after his birth. While the author is doubtless correct in his belief that the whole myth is reminiscent of the time when "der Urmensch am Rande der langsam hinschmelzenden Gletscherwelt der Eiszeit lebte," it is nevertheless far from certain that these primitive men were the direct progenitors of the Germanic peoples in whose literature the narrative has been preserved. Speaking of the Ymir myth and others of the same class Eugen Mogk remarks: "Hierher gehört vor allem eine Reihe eddischer Mythen, die in der erhaltenen Form sicher rein nordisch und jung sind und die recht wohl von fremden Elementen, von außergermanischen Mythen beeinflußt sein können" (*Pauls Grundriß*, III, 309). Cf. note **12,** 11, and as to Ymir art. "Elivagar" in Brockhaus, art. "Nordische Mythologie" in Meyer.

25. — 9. **der Feuerstein.** What are the special characteristics of flint that caused it to be used so extensively by prehistoric man? Cf. art. "Feuerstein" in Brockhaus or Meyer.

20. **Zum Bohren . . . Knochen.** Proof that this was the method actually employed is afforded by the fact that partially bored stone implements have been found showing the circular depression ground out by the rim of the cylindrical borer, leaving a central core untouched. A specimen in the Kgl. Museum für Völkerkunde in Berlin is thus described: "Beil oder Hammer aus grauem Schiefer mit unvollendeter Durchbohrung; der Zapfen in der Mitte des Bohrloches ist noch erhalten, da zum Bohren sehr oft ein hohler Knochen nebst Wasser und Sand verwandt wurde; ziemlich gut poliert." Cf. the reference given under note **21,** 30.

26. — 10. **Die älteste Ornamentik erinnert . . . hieran.** Cf. the ornamentation on the clay vessels shown on plates I and IV, art. "Urgeschichte" in Brockhaus. The following description of a similar vessel affords an interesting glimpse into the method of procedure of these early potters: "Gefäß aus rötlichbraunem Thon, mit einem

während der jüngeren Steinzeit ziemlich häufigen, dem sog. Schnurornament versehen, welches dadurch hergestellt wurde, daß man gedrehte Schnüre in den noch weichen Thon eindrückte; gefunden in einem Skelettgrabe bei Merseburg." Henne am Rhyn, I, 7 (cf. note **21,** 30).

26. **Dreiecken, Punktstreifen.** This is unquestionably the origin of the conventionalized geometrical figures and patterns that have been used so extensively from the earliest times in decoration and design. The wall-paintings and carvings on bone, rock surfaces, etc. described earlier would seem to prove, however, that free-hand drawing antedated geometrical design in pictorial art.

27. — 5. **Hünengräber.** The word *Hüne* is explained as "ursprünglich so viel wie Hunne (Volksname); dann soviel wie Riese, Recke aus sagenhafter Zeit und allgemeinere Bezeichnung eines übergroßen und starken Menschen" (Meyer). For illustrations see plates to art. "Urgeschichte" in Brockhaus, art. "Gräber" in Meyer, which show also the Dolmen, Hügelgräber, etc. mentioned in the following lines.

10. **Cromlechs.** Described and illustrated in the Century and Standard dictionaries.

23. **Torfhund.** "Die Vergleichung der Schädel zeigt, daß dieser Torfhund und seine Nachkommen, wohin die Spitze, Pinscher, Dachshunde etc. gehören, von dem noch jetzt wilden Schakal (*Canis aureus*) abstammen. Erst in denjenigen Pfahlbauten, welche auch Gegenstände von Bronze finden lassen, zeigt sich ein großer, ebenfalls gezähmter Wolfshund, der von dem indischen Wolfe (*Canis pallipes*) herstammt." Cf. Brockhaus or Meyer, "Hunde."

28. — 7. **Gerste und Weizen.** These plants, however, are not of European origin, — a proof of the fact that even in these early times civilization was based upon the exchange of ideas and commodities between different peoples. "Die ältesten vom Menschen in Kultur genommenen Nutzpflanzen sind, soweit wir dies heute zu beurteilen vermögen, Weizen und Gerste, die irgendwo in Vorder- oder Mittelasien, von fürsorgenden Frauen gesammelt, später auch angepflanzt, mit der Zeit durch fortgesetzte Auslese zu Spendern besonders großer, mehlreicher Körnerfrüchte gediehen." Reinhardt, *Kulturgeschichte der Nutzpflanzen*, I, 1.

24. **Pfahlhütten.** See plates to art. "Pfahlbauten" in Meyer, art. "Urgeschichte" in Brockhaus. Illustrated also with cuts in the Century and Standard dictionaries under "lake-dwelling."

29. — 17. **Wohnmulden.** The appearance and general character of these semi-subterranean dwellings can be gathered from the following description: "Die Ausgrabung [in Schleswig-Holstein] ergab ein

nach Nordosten offenes Oval oder Rechteck von 5 : 5,5 Meter, das etwa 1 Meter tief im Erdboden ausgeschachtet worden ist. Die Hauswand war also die des Schachtes. Der Fußboden war geebnet und gepflastert und außerdem an Kohlenresten und Gefäßscherben kenntlich; dem Hauseingang zu stieg die Pflasterung an: man trat also über eine erhöhte Schwelle in den tiefer liegenden, einzelligen, durch Steinsetzung in zwei Abteile gesonderten Wohnraum. Der enthielt eine harte — mit Polstern zu belegende — 1 Meter breite hufeisenförmige Lehmbank und davor einen aus Steinen hergestellten Tisch; der Herdplatz befand sich außerhalb des Hauses vor der Tür; das "Haus" war also vornehmlich Wohn- und Schlafraum, es hatte wohl ein zeltartiges Dach, das mit Lehm beworfen bzw. mit Rasensoden gedichtet wurde." Kaufmann, *Deutsche Altertumskunde*, p. 90.

18. **noch,** *still*, i.e. *even for his times*, cf. note **94,** 30. Tacitus wrote his *Germania* in A.D. 98.

25. **Kjökkenmöddinger.** A Danish word whose meaning is explained in the text. The English equivalent, which is a direct translation of the Danish term, is "kitchen-midden." Cf. art. "Kjökkenmöddinger" in Brockhaus or Meyer.

30. — 5. **Auerochs,** *aurochs* (*Bos primigenius*), extinct in the wild state but early domesticated and believed to be the ancestor of certain valuable modern breeds (Dutch and Swiss cattle). Cf. note **23,** 3. An interesting glimpse into the life of the neolithic huntsmen in the region of the kitchen-middens is afforded by the following incident, as described by Kaufmann, *Deutsche Altertumskunde*, p. 44: "An der Nordwestküste Seelands [the largest of the Danish islands] wurde a. 1905 aus einem Moor unter einer Schicht von Kiefern, Erlen, Eichen und Haseln das fast vollständig erhaltene Skelett eines Ur gehoben; das Tier hatte in seinen Bauchrippen drei Pfeilspitzen aus Feuerstein sitzen." Since the verb *lügen* is one of the oldest words in the language we may surmise that the hunters in describing their adventure were no more truthful than modern fishermen under similar circumstances.

22. **Perlen mit zentraler Bohrung, Hängestücke mit seitlicher Bohrung.** Cf. the reference given under note **21,** 30.

28. **Klebs, R.,** *Der Bernsteinschmuck der Steinzeit* (Königsberg 1882).

31. — 14. **bewährte.** When is Umlaut (mutation) a sign of the subjunctive, and why is this form mutated?

18. **erst durch den Handel.** "Wahrscheinlich sind es kleinasiatische Handelsvölker gewesen, Assyrier, Babylonier, Phönizier, denen wir die ältesten Bronzen zu verdanken haben, später kamen dann die Griechen, die mit ihren Kolonien alle Küsten des ägäischen, des schwarzen und des mittelländischen Meeres besetzten und lebhaften Handel mit den im Norden wohnenden Barbaren trieben, und dann die Etrusker, die

bereits in eine spätere Epoche überleiten." Henne am Rhyn, I, 12, Erläuterungsblatt.

32. — 2. **Beile.** Many specimens of these and the other weapons mentioned in the following lines are shown on the plates to art. "Metallzeit" in Meyer, art. "Urgeschichte" in Brockhaus.

19. **Besucher des Kopenhagener Zoologischen Gartens.** In reply to an inquiry as to whether these trumpets are actually kept at the Zoological Garden and whether they are blown for the benefit of visitors the director, Dr. W. Dreyer, writes as follows: "Nein, die Luren werden nicht hier im Garten aufbewahrt. Alle hier in Dänemark gefundenen Luren, die alle aus Bronze gegossen und bis zu 2·38 Meter lang sind, werden im Nationalmuseum hier in Kopenhagen aufbewahrt. Sie sind paarweise, bis zu drei Paar zusammen, im Moore gefunden worden, und ein Paar ist immer zusammengestimmt, wie ihre Krümmungen auch immer einander entgegengewandt sind. [Cf. cut under "lure" in Standard Dict., or Meyer, "Musikinstrumente," Plate III.] Die Stimmung ist für jedes Paar verschieden. Zwölf Obertöne, in 3½ Oktaven, und zehn Untertöne lassen sich hervorbringen, aber nur acht Töne, die "Naturtöne" kommen leicht heraus, und es scheint zweifelhaft, ob mehr als diese acht im Altertum gebraucht worden sind. Die Luren sind aus drei mit einander verbundenen Stücken zusammengesetzt, Mund-, Mittel- und Endstück und wiegen höchstens sieben Pfund. Sie gehören dem mittleren Bronzealter an und sind ungefähr 3000 Jahre alt. Von den 21 Stück, die im Nationalmuseum aufbewahrt sind, sind einige noch so ausgezeichnet erhalten, daß man sie blasen kann. Sie werden aber natürlich nur sehr selten gebraucht und die Luren, auf denen hier im Garten früher geblasen wurde, sind Kopien, in Bronze nachgemacht. Auch in Süd-Schweden, in den alten dänischen Provinzen, sind einige Luren aufgefunden worden."

27. **par excellence.** This (French) expression is also common in English. Those not familiar with its meaning are referred to the English dictionaries.

33. — 1. **Hephästossagen, Wielandssage.** Wieland plays much the same part in Germanic mythology as does Hephaestus or Vulcan in classical mythology. Cf. Brockhaus, "Hephaistos" and "Völund," or Meyer, "Hephästos" and "Wieland."

11. **der . . . Steinzeitmensch.** Many students who otherwise have little trouble with the German language find themselves helpless before an expression of this kind. For their benefit the following method of procedure is suggested: Determine the substantive with which the article agrees, then insert one by one the other elements which qualify the substantive until the expression is complete. If a translation is desired, rearrange the English words in the proper English order.

Thus: der Steinzeitmensch, *the man of the stone age;* der notdürftig gehüllte Steinzeitmensch, *the scantily clad man of the stone age;* der notdürftig in Felle gehüllte Steinzeitmensch, *the man of the stone age scantily clad in skins,* etc. Finally: *The man of the stone age scantily clad in skins held together by clasps.* In general one should remember that it is in accordance with the genius of the German language to form periodic phrases and clauses as well as periodic sentences, while in English the loose clausal and sentence structure is preferred, or at least generally employed.

34. — 6. **Schliemann, Heinrich** (1822–1890), one of the most remarkable men of the nineteenth century. Read the account of his life and achievements as given in Brockhaus or Meyer.

28. **Hallstattperiode.** "Die Hallstätter Funde, ca. 6000 verschiedene Objekte von Bronze, Eisen, Gold, Gagat, Bernstein, Ton und Elfenbein, die aus 993 Flachgräbern mit meist unverbrannten Leichen zutage gefördert wurden, beweisen, daß während dieses Kulturstadiums die Metallurgie bereits eine relativ hohe Entwicklungsstufe erreicht hatte." Cf. the references given under note **32,** 2.

35. — 8. **La Tène-Periode.** We are apt to think of safety-pins and belt-buckles as modern inventions, but compare the well constructed and ornate specimens and the many other implements, weapons and adornments of this period shown on the plates referred to under note **32,** 2.

14. **die La Tène-Kultur . . . greift . . . in die historische Gegenwart hinein.** Probably most of the readers of this book used Caesar's *De Bello Gallico* as their first Latin text and will recall the description of Caesar's first campaign which ended with his victory over the Helvetii at Bibracte in the year 58 B.C. La Tène was one of the strongholds of these Helvetii and this fact, though insignificant in itself, may help the reader to establish, as it were, a personal connection between himself and these early cultural periods which ordinarily seem so remote.

28. **Driesmans, Heinrich** (1863–), editor of the monthly journal *Deutsche Kultur*, author of *Der Mensch der Urzeit* (1907) and numerous other scientific and literary works.

ASTRONOMY

36. — 10. **von der Sonne oder richtiger von der Wärme,** etc. One should not conclude from this statement that the light of the sun is relatively unimportant for life on the earth. As to the function of light in the development and distribution of plant life (and all animals depend ultimately upon plants for their food) cf. the chapter "Das Licht" in Rikli beginning as follows: "Neben Wärme und Feuchtigkeit,

diesen an Wichtigkeit kaum nachstehend, ist das Licht auf das pflanzliche Leben und dessen Gestaltung von entscheidendem Einfluß."

16. **Rotation der Erde, Bodenwärme, chemische Verwandtschaft.** Even these sources of energy, when considered historically, can scarcely be separated from the energy of the sun. As to the relation of the latter to certain important forms of chemical activity see p. 78, l. 17 — p. 79, l. 2.

37. — 22. **Reye, Theodor** (1838–), professor of mathematics at the University of Strassburg (emeritus since 1911). The calculation referred to is found in his *Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen* (Hannover 1872).

27. **dreier.** Why the declensional ending? Cf. note **127,** 23.

38. — 13. **2¼ Grad,** i.e. 2¼ degrees on the Celsius or centigrade thermometer, or about 4° Fahrenheit. "Gegenwärtig ist, nach dem Vorgehen Frankreichs, im wissenschaftlichen Leben durchgehends die Celsius-Skala im Gebrauch, sie verbreitet sich auch immer mehr im gewöhnlichen Leben fast aller Kulturländer; nur in England und N. Amerika hat die Fahrenheit-Skala im alltäglichen Leben noch Geltung. Will man einen beliebigen Temperaturgrad n° der Celsius-Skala in Graden der Fahrenheit-Skala ausdrücken, so gilt: n° C = (⅘n + 32)° F." Brockhaus, "Thermometer."

22. **2200 Millionen mal größer.** The method of computation is this: Imagine a hollow sphere whose radius is equal to the distance from the center of the sun to the center of the earth. The area of this spherical surface, which — disregarding intermediate planetary bodies — would receive the total light and heat radiated by the sun, will be found to be 2200 million times greater than the area occupied by the earth upon this surface.

24. **Kubikinhalt 1297 mal größer.** This is an error of inadvertence on the part of the author. The correct figure is given in the following quotation from the article "Sonne" in Brockhaus, which includes also one or two other interesting data not mentioned in the text: "Der Rauminhalt der Sonne ist 1 297 000 mal größer als der der Erde. An Masse übertrifft sie die aller Planeten zusammengenommen etwa 800 mal. Ihre Dichte entspricht der von Jupiter und Uranus und beträgt nur ein Viertel der Erddichte. Die Rotationsdauer ist nicht für alle Punkte der Oberfläche die gleiche und variiert zwischen 25 Tagen (am Äquator) und 28 Tagen."

39. — 14. **Prinzip von der Erhaltung der Kraft.** Robert von Mayer (1814–1878) "sprach zuerst den früher nur vorgeahnten Grundsatz bestimmt und klar aus und bewies, daß nicht nur der Materie, sondern auch der lebendigen Kraft in ihren verschiedenen Formen, also der Bewegung, der Wärme, dem Licht und der Elektrizität, die Eigenschaft

quantitativer Unzerstörbarkeit zukomme; hierauf beruht der Satz von der 'Erhaltung der lebendigen Kraft' oder Energie." Brockhaus, "Mayer, Robert von."

24. **Sternschnuppen.** Some idea of the enormous number of shooting stars that circulate in space may be gained from the facts recorded in note **215,** 10.

40. — 1. **eines** agrees with *Quantums*. If the construction is not clear cf. note **33,** 11.

16. **erhitzten.** Past subjunctive, *would heat up*, cf. note **126,** 15.

22. **Helmholtz.** See note **207,** 12. — **vor Millionen Jahren.** Notice that the English *ago* (i.e. "agone," "gone by") is represented in German by the prep. *vor* with the dative. Observe also that when a noun (Jahren) follows and modifies another noun denoting weight, measure, quantity and the like it ordinarily stands in apposition with it when the two nouns together form a single idea.

41. — 9. **aus,** adverbial, to be taken with the preceding *von*. While this word may seem superfluous to English speaking persons it must be remembered that *von* has other meanings than "from," so that unless the *aus* were added there would be danger of ambiguity.

13. **im indifferenten Gleichgewichtszustande.** Equilibrium is said to be indifferent if after a slight displacement the body remains at rest, when therefore the body is indifferent to its position. The sun is therefore in a condition of indifferent but not of stable equilibrium.

21. **offenbar.** The fact stated is hardly so evident as to warrant the use of this word. We may conclude, however, that the sun is becoming cooler instead of hotter from the fact that it is developing an atmosphere whose temperature is lower than that of the central mass of the sun. "Bei näherer Untersuchung zeigt sich die Sonnenscheibe nicht überall gleich hell, sondern von der Mitte aus nach dem Rande hin an Helligkeit stetig abnehmend. Dies weist auf das Vorhandensein einer dichten Atmosphäre hin, welche die Strahlen bei ihrem Durchgang absorbiert, und zwar um so stärker, einen je größeren Weg sie in ihr zu machen haben." Brockhaus, art. "Sonne." Cf. also p. 169, ll. 3–18.

25. **wäre,** unreal potential subjunctive. "This subjunctive often loses in large measure the element of doubt and unreality, and is employed to state a fact or truth modestly, politely, or cautiously in a less positive and definite way than in the indicative." Curme, *A Grammar of the German Language*, § 169 2A, (1) c.

29. **der durch den Weltraum dahinstürmt,** with a velocity calculated to be 57 km. per second.

31. **20 Millionen Meilen.** A more accurate statement of the distance has already been given, p. 38, l. 9. The German mile = $\frac{1}{15}$ of a

degree of longitude at the equator, or $\frac{1}{3400}$ of the circumference of the earth, = 7.42 km. or 4.61 English miles.

42. — 5. **bei größerer Annäherung.** In this connection one must bear in mind the fundamental law of radiation: "Die von einer Strahlungsquelle nach allen Seiten gleichmäßig ausgesandte Strahlung nimmt umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung von jener Quelle ab."

15. **Moskauer.** Cf. note **183,** 10.

23. **unmöglich, diese Temperatur . . . zu erzeugen.** As here described the experiment does not seem very convincing. One might argue that the temperature produced by the cumulative effect of the rays at the focus was higher than the temperature of the individual rays when they left the sun. On the other hand the law of radiation given under note **42,** 5 must not be overlooked.

43. — 17. **das Strahlungsgesetz.** Cf. art. "Strahlungsgesetze" in Brockhaus.

21. **hängt . . . ab.** Cf. note **224,** 17 before referring to the vocabulary for the meaning of this verb.

44. — 16. **Scheiner, Julius** (1858–), chief observer at the Potsdam Astronomical Observatory and professor of astronomy at the University of Berlin. Author of *Lehrbuch der Spektralanalyse der Gestirne, Die Temperatur der Sonne,* etc.

25. **mit . . . Punkten oder Körnern.** These granules, which appear only as points, are actually from 400 to 500 miles in diameter.

45. — 2. **Schmidt, C. August** (1840–), director of the meteorological station at Stuttgart. Author of *Die cyklische Refraktion, Die Strahlenbrechung an der Sonne,* etc.

5. **nur scheinbar.** Only apparent since the sharpness of outline of the sun is explained by this theory as being due to a species of mirage whereby we see a part of the hemisphere which naturally would be invisible to us. In this way the rays which reach the eye of the observer from the edge of the sun's disc are reinforced by others originating at deeper levels on the further side of the sun. Cf. the figure and mathematical discussion in the Encyc. Brit. (11th ed.), Vol. 26, p. 90.

10. **von sehr wechselvoller Ausdehnung.** As to the possible size and extent of sun spots cf. the following statement: "Der etwa 50 000 km breite Fleck, den man im Jahre 1903 selbst mit bloßem Auge auf der Sonnenscheibe erkennen konnte, macht es möglich, daß ein alter Bericht, wonach im Jahre 626 die Hälfte der Sonnenscheibe dunkel erschien, auf Wahrheit beruht." Walther, p. 104.

24. **Secchi, Angelo** (1818–1878), Jesuit priest and eminent astronomer, his contributions to astrophysics being especially important.

For a time he was stationed at Georgetown College near Washington, but most of his life was spent in Rome. Cf. Klein, pp. 124 ff.

46. — 9. **Sonnenfackeln,** "sun-torches," known in English as faculae (pl. of Lat. *facula*, "a little torch"). These faculae are due to a crowding together and upheaving of the granules of the photosphere and are especially conspicuous near the edge of the disc.

26. **die Chromosphäre.** So called on account of its reddish or pink coloring (Gr. χρῶμα, "color"). "Sichtbar wird die Chromosphäre nur bei totalen Sonnenfinsternissen oder mit Hilfe des Spektroskops als ein schmaler, unregelmäßig begrenzter roter Saum um den Sonnenrand. Die Protuberanzen gehören der Chromosphäre an." Brockhaus, art. "Sonne."

48. — 21. **Protuberanzen.** See the beautiful colored plates to art. "Sonne" in Brockhaus or Meyer.

23. **Lockyer, Joseph Norman** (1836–), English astronomer, director of the astrophysical observatory in South Kensington, editor of the scientific weekly *Nature*, etc. Cf. Brockhaus or Meyer.

49. — 9. **wer,** compound relative, *whoever*. As a relative *wer* is always used in an indefinite sense, referring to one or more, but never to definite persons.

14. **Young, Charles Augustus** (1834–1908), for many years professor of astronomy at Princeton University, author of *The Sun* (1882), *General Astronomy* (1898), etc. He was the first to observe the spectrum of the solar corona and was also the discoverer of the "reversing layer" in the solar atmosphere.

26. **geographische Meilen.** The geographical or nautical mile is considerably longer than the ordinary statute mile and is equivalent to the mean length of a minute of longitude on the equator. Its value as determined by the U. S. Coast Survey is 6,080.27 feet.

50. — 23. **1 Uhr.** Read: *ein Uhr*. In expressions of time both the numeral and the substantive are uninflected.

29. **wollen,** sc. *heißen* or *bedeuten*. The omission of the verb depending upon the auxiliary is very common. For numerous illustrations see Curme, *A Grammar of the German Language*, §214, 1.

51. — 4. **Hale, George Ellery** (1868–), director of the Solar Observatory of the Carnegie Institution at Mt. Wilson, Cal., editor of the *Astrophysical Journal*.

6. **Spektroheliograph.** See the article under this heading (of which Professor Hale is the author) in the Encyclopaedia Britannica.

52. — 1. **sich fand,** the subject is *es* understood referring to the following *daß*-clause. Cf. note **211,** 17.

21. **die Linie *Hα* des Wasserstoffes.** This is the line produced by the band of red rays in the hydrogen spectrum. "On account of the

relatively great strength of *Hα* at a considerable distance from the photosphere the new photographs recorded flocculi at high levels previously unexplored." A photograph of the sun obtained in this way is shown in the article referred to under note **51,** 6, from which also the above quotation is taken.

53. — 14. **Drehung gegen die Bewegungsrichtung des Uhrzeigers.** This is known in English as counter-clockwise rotation. It must be remembered that in observing the sun from the northern hemisphere we are always facing the south, so that the east is on our left and the west on our right. The very interesting photograph referred to in the preceding note exhibits two sun spot vortices, one showing clockwise and the other counter-clockwise rotation.

54. — 1. **Elektronen.** See this art. in Meyer. Cf. also note **199,** 30.

8. **Wenn dem so ist,** "if it is thus in regard to that," i.e. *if that be so*. *Es* is to be understood as the subject of *ist* and *dem* is dative of reference.

12. **Zeeman, Pieter** (1865–), professor of physics at the University of Amsterdam. Cf. Brockhaus or Meyer.

21. **festzustellende,** attributive gerundive. Cf. note **207,** 19.

55. — 12. **auf eine feste Basis gestellt.** See the discussion of the aurora borealis (das Polarlicht) in Wegener, pp. 57 ff., from which here only one sentence can be given: "Wenn ein besonders reichlicher Schwarm von Kathodenstrahlen aus der Sonne hervorbricht (was wieder mit dem Auftreten von Fackeln und also auch Flecken auf der Sonne zusammenhängt), so repräsentiert er in seiner Gesamtheit einen starken elektrischen Strom um den Erdäquator herum, und zwar, wie unmittelbar einzusehen, einen außerordentlich variablen Strom, welcher offenbar einen ‚magnetischen Sturm' auf der Erde erzeugen muß."

25. **die Korona.** See plate to art. "Sonne" in Meyer showing the difference in size of the corona at the time of maximum and minimum occurrence of sun spots.

27. **Plutarch** (46–125 A.D.) is known to modern readers chiefly through his biographical writings (Plutarch's *Lives*), but he also wrote extensively on philosophical and scientific subjects.

56. — 3. **bis heute . . . noch großes Dunkel.** Cf. note **95,** 18.

6. **Kepler, Johannes** (1571–1630), "der Entdecker der Gesetze der Planetenbewegung und Erfinder des astronomischen Fernrohrs." Cf. Klein, pp. 34 ff.

11. **Koronium.** Of very great interest in this connection is the fact that Dr. Alfred Wegener (author of the article "Meteorologie" in this book) believes that he has proved the existence of this gas in the atmosphere of the earth. Cf. p. 211, ll. 22 ff.

20. **die Akten sind noch nicht geschlossen.** A metaphor taken from

the language of the courts: "The records [Lat. *acta*] are not yet closed", i.e. *the final word has not yet been spoken.*

57. — 6. **Wolf, Rudolf** (1816–1893), a Swiss astronomer, for many years director of the astronomical observatory in Zürich.

26. **auf die äquatorialen Gegenden der Sonne beschränkt.** What law of motion could be cited as a probable explanation for this phenomenon?

58. — 12. **Nur in Europa . . . meteorologische Stationen.** A statement of this kind is not likely to remain true for any great length of time. The highest station which has as yet been established in any country is situated on Mt. Misti in Peru. Other S. American governments have also provided stations of the first order, and one by one every civilized nation has established or is establishing in accordance with its special interests some form of weather bureau for the practical and scientific study of meteorological conditions.

20. **Neuere,** *recent*, comparative absolute. Cf. note **98,** 7.

59. — 4. **Cirrus.** See the illustration on p. 197 and cf. note **205,** 3.

9. **das Aussehen von Ästen oder Zweigen.** The explanation for these peculiar forms of the cirrus clouds will be found in the article on Meteorology, p. 209, ll. 11 ff.

27. **Nordlichter.** For a general discussion of the aurora borealis and its relation to the sun spots see the reference given under note **55,** 12.

30. **in welchen . . . folgte.** The word-order is not to be regarded as incorrect or even "irregular." In the transposed order the subject, to be sure, usually follows immediately after the word which causes transposition. But when the logical sequence of events is of importance for the thought it often interferes with and takes precedence over the grammatical order.

60. — 1. **Versuche.** Such an experiment is described in Wegener, p. 58.

21. **Sir William Thomson,** Lord Kelvin (1824–1907), British physicist and for fifty-three years professor of natural philosophy at the University of Glasgow. His contributions to scientific knowledge have been numerous and of great value, particularly in the field of thermodynamics and electricity. See the likeness of this eminent scientist in Meyer, art. "Physiker," Plate II.

61. — 8. **Radium.** See the discussion of this remarkable element in the article on Chemistry (p. 148, ll. 8 ff.).

20. **Gegenüber . . . unfaßbar groß.** Man has existed upon the earth for possibly four thousand centuries (cf. p. 8, ll. 9 ff.), but recorded history covers only a small fraction of this era.

BIOLOGY

62. — 5. **Elementareinheiten.** As to the spacing of the letters cf. note **3,** 13.

14. **Virchow, Rudolf** (1821–1902), perhaps the most eminent pathologist and anthropologist of the nineteenth century. He was active also as a political leader and for a number of years was a member of the German Reichstag. See his life and the long list of his works in Brockhaus or Meyer.

16. **aus.** Cf. note **41,** 9.

63. — 9. **Nichts ist geeigneter . . . einzuführen.** The reader will do well to bear this fact in mind in connection with any science in which he may be interested. For in addition to the advantage mentioned in this paragraph a knowledge of the history of a science protects the inexperienced beginner against the danger of entering upon lines of investigation which have already been shown to lead nowhere and indicates on the other hand the problems still awaiting solution.

20. **Malpighi** (1628–1694), Italian physician and scientist who interested himself in anatomy, botany, physics and physiology. He was the first to make use of the microscope in investigating the circulation of the blood. At the time of his death he was physician and chamberlain to Pope Innocent XII.

24. **mit schwachen Vergrößerungsgläsern.** Although the compound microscope had been invented in 1590 (by Zacharias Jansen), Malpighi seems to have used only the single microscope, which is nothing more than a magnifying-glass or lens. It may be remarked in this connection that scientific progress is often delayed for centuries until the invention of some mechanical instrument or device opens up new fields of investigation. Thus meteorology as a practical science would be impossible without the telegraph. Science promotes invention, but invention also promotes science.

30. **je nach,** *according to*, but cf. also note **103,** 2. To bring out the force of the *je* one would do well, if a translation is desired, to put in an "either" and an "or" before the two nouns in the following line.

64. — 4. **Wolff, Kaspar Friedrich** (1733–1794), an important name in the history of science. By introducing the theory of epigenesis (see Cent. Dict.) to account for the development of life in nascent plants and animals in place of the older "incasement" doctrine he became the forerunner of Darwin and the modern evolutionists. See the account of his life and work in Brockhaus or Meyer.

15. **Mohl, Hugo von** (1805–1872), for many years professor of botany at the University of Tübingen. "Für die botanische Wissenschaft hat

Mohl Hervorragendes geleistet durch seine exakten anatomischen Untersuchungen, die die Grundlage fast für die gesamte neuere Gewebelehre und Entwicklungsgeschichte bilden." Cf. Brockhaus or Meyer.

65. — 4. **ein** agrees with *Ganzes*. If the construction is not clear cf. note **33**, 11.

13. **Schleiden, Matthias Jakob** (1804–1881), botanist and anthropologist. "Schleidens Hauptwerk sind die Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, worin er die induktive Forschung scharf hervorkehrt und besonders gegen die unklare philosophische Behandlung morphologischer Fragen ankämpft." Under the pseudonym "Ernst" he published two volumes of poetry. See his life and the list of his works in Brockhaus or Meyer.

66. — 1. **histologisch.** Those who are not familiar with Greek are tempted to seek some connection in meaning between the words histology and history. The former, however, is derived from *ἱστός*, a *web* or *tissue*, and is in no way related to *ἱστορία*, *information*, *history*.

10. **Oken, Lorenz** (1779–1851), **Heusinger, Karl Friedrich** (1792–1883), **Raspail, François Vincent** (1794–1878). Brief biographies in Brockhaus and Meyer.

14. **Schwann, Theodor** (1810–1882), professor of anatomy at Löwen (Louvain) and, later, of physiology at Lüttich (Liège). He was not yet thirty years of age at the time of the publication of his epoch-making work mentioned in the following paragraph.

67. — 10. **die richtige Methode,** i.e. the historical or evolutionary method as opposed to the dogmatic description and classification that had prevailed in science until well into the eighteenth century. Modern science is evolutionary not merely in that it traces the development of lower forms of life into higher, but also in following the development of each individual organism from its beginning as a single cell into the highly complex form that it may exhibit in the adult stage, and from this to its final dissolution. Cf. also the ontological method as described on p. 171, ll. 23 ff.

30. **wobei er auch.** It may seem strange to suggest *and* as an equivalent in English for these three words, but try it. Cf. also note **206**, 11.

68. — 9. **cellula,** diminutive of Lat. *cella, a cell.* It is interesting to observe how scientists — and for that matter all thinkers — may be enslaved and led astray by the meaning which already inheres in the words they employ. A cell is a little enclosure from which escape is impossible. It has no contents except such as are brought in from without. Hence the use of the term unquestionably led these early biologists to overemphasize the enclosing walls to the neglect of the more important contents.

15. **den er sich . . . bilden ließ,** literally, "which he caused to be built up for himself", i.e. *which he constructed in imagination.* The use of the act. infinitive after *lassen* where one would expect the passive (the same construction also after *hören, sehen, heißen* and sometimes *fühlen*) began in cases where the word which served as object of *lassen* and subject of the infinitive was omitted, the latter then naturally assuming a passive meaning although unchanged in form, e.g. Der Bauer ließ (seine Knechte) den Weizen mähen.

27. **Schon.** If we translate this word with "already" and make no change in the verb the English sentence will be unsatisfactory. But begin the sentence with the subject and change the verb to the pluperfect and the difficulty will be avoided. It is better, however, to translate oneself (in the etymological meaning of the term) into the spirit of the foreign language than to devote too much time and effort to these verbal niceties.

69. — 1. **Protoplasma,** from the Greek πρῶτος, *first* and πλάσμα, *anything formed* or *shaped.*

23. **Schon.** Try "within" as a substitute, if not a translation, for this troublesome word. Cf. note **94,** 13.

31. **Remak, Robert** (1815–1865), neurologist, discoverer of the nonmedullated nerve-fibers known as Remak's fibers and of other features of the nervous system. Cf. Brockhaus or Meyer.

70. — 5. **Rhizopoden,** i.e. "Wurzelfüßer" (ῥίζα, "root", πούς, ποδός "foot"). Cf. art. "Rhizopoden" in Meyer, art. "Wurzelfüßer" in Brockhaus, and the plate to the former showing the remarkable and often most beautiful forms of these protozoa. Those interested will also find separate articles in both works on the "Amöben" and "Myxomyceten."

7. **Dujardin, Félix** (1801–1860), French naturalist, professor of zoology and botany at Rennes. "Dujardin war der erste Forscher, welcher den damals herrschenden Ansichten über Infusionstierchen siegreich entgegentrat und nachwies, daß diese wie die Rhizopoden aus einer lebenden Grundsubstanz bestehen, welche er 'Sarcode' nannte, wodurch er zu den heute über Zellenbildung und Protoplasma geltenden Ansichten den Weg bahnte." Cf. Brockhaus or Meyer.

11. **Schultze, Max Johann Sigismund** (1825–1874), professor of anatomy and director of the Anatomical Institute at the University of Bonn. In 1865 he established the scientific journal *Archiv für mikroskopische Anatomie.*

71. — 8. **Brücke, Ernst Wilhelm, Ritter von** (1819–1892), professor of physiology and microscopical anatomy at the University of Vienna. "Seinen wissenschaftlichen Ruf begründete Brücke mit der anatomischen Beschreibung des Augapfels (1847), der er eine lange Reihe von

Abhandlungen über den Gesichtssinn, Blut und Kreislauf, Verdauungsorgane, Physiologie der Sprache u. s. w. folgen ließ." Cf. Brockhaus or Meyer.

19. **der Name „Zelle" ein verkehrter.** Such terms which though out of harmony with modern scientific teaching are nevertheless retained are of frequent occurrence; cf. *Atom* (p. 151, ll. 23 ff.), *Diluvium* (note **4,** 18), *Sauerstoff* (note **133,** 23,), etc.

72. — 2. **zu denken,** predicate gerundive; cf. note **83,** 27.

10. **Um in diese . . . gebracht werden.** Some idea of the difficulty of the problems which the biological chemist is called upon to meet can be gained from a consideration of the formula for the composition of the protein molecule, p. 74, l. 16.

73. — 10. **Paramaecium aurelia.** A free-swimming infusorian of the order *Holotricha*, entirely covered with cilia. Cf. Meyer, art. "Protozoen," Plate I, Fig. 4. — **1, 25.** Read: *ein und fünf und zwanzig Hundertstel*, and cf. note **96,** 7.

32. **den . . . Trägern,** dat. anticipating the following *Proteinsubstanzen*.

74. — 6. **Eigenschaften des Kohlenstoffs.** "Der reine Kohlenstoff spielt in der Natur nur eine untergeordnete Rolle, dagegen sind seine Verbindungen die Grundlage alles organischen Lebens. Alle Pflanzen und Tiere bestehen aus Verbindungen des Kohlenstoffs mit Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, während ihr Gehalt an mineralischen Substanzen untergeordnet ist. Die Mannigfaltigkeit der Kohlenstoffverbindungen beruht auf den Eigenschaften des vierwertigen Kohlenstoffatoms, das 4 Atome eines einwertigen oder 2 Atome eines zweiwertigen Elements zu binden vermag." Meyer, art. "Kohlenstoff."

26. **Kristallwasser,** "die Wassermenge, mit der sich chemische Verbindungen zu meist festen kristallisierbaren Körpern vereinigen, ohne daß sich dabei eine Hydratbildung nachweisen läßt. Die Festigkeit der Bindung des Kristallwassers ist im ganzen gering, wenn auch oft sehr verschieden." Brockhaus, art. "Kristallwasser."

29. **Äthalium septicum.** A fungus appearing upon decaying logs, tan-bark, etc. and belonging to the group of *Myxomycetes* (p. 70, l. 5). Its common name in German is *Lohblüte*, in English *flowers of tan.*

75. — 19. **Pepsin . . . Buttersäure.** Separate articles on these metamorphic products in Brockhaus and Meyer. One of the most interesting is dextrin, "ein dem arabischen Gummi ähnlicher Stoff von der Zusammensetzung $(C_6H_{10}O_5)_x$, der sich aus Stärke beim Erhitzen oder durch die Einwirkung verdünnter Säuren bildet. Es besitzt die Eigenschaft, in seinen Lösungen die Polarisationsebene des Lichtstrahles stark nach rechts zu drehen, daher der Name. Es ist ein Bestandteil des Bieres und entsteht beim Backen, indem es die Kruste des Gebäcks bildet." Brockhaus.

31. **Denn dieses . . . aufhört.** An idea which the thoughtful student will do well to elaborate for himself. Those who are hostile to science on account of its supposed antagonism to religion, and in general to the idealism and higher aspirations of man, make much of statements of this kind. They err, however, in assuming that science is concerned only with dead matter (if there be any such thing) and that its laws apply to this alone. No such charge at least can be brought against the biologist and psychologist, and it will be difficult to find a more illuminating statement of the wonderful complexity of life, even as exhibited in the simplest organisms, than is given by the author in the following paragraph, p. 76, ll. 1–8. Cf. also Hertwig, p. 155: "es ist ein ganz verfehltes Bestreben, sich einzubilden, nach den Prinzipien der Mechanik einen Organismus begreifen zu können," etc.

76. — 6. **Milliarden.** A milliard is a thousand millions, or a billion. The German *Billion*, however, has a different value; cf. note **239**, 10.

31. **er kann seine Form verändern.** See plate to art. "Zelle" in Meyer, Fig. 2: "Amöbe in vier verschiedenen Stadien ihrer Formveränderung."

77. — 5. **in vier Kapiteln.** Of these only the first can be here included, and that only in part. The topics discussed are, however, of such remarkable interest that the class and the instructor are urged to follow here if nowhere else the suggestion made in the Introduction on p. ix. Particularly the chapter "Das Wesen der Reizerscheinungen" (Hertwig, pp. 143 ff.) will repay the most careful study.

15. **in welchem . . . vor sich gehen.** In this connection the question naturally arises whether the simplest cells themselves could not have originated through highly complicated chemical processes acting upon various forms of inorganic matter. "Die Lehre von der Urzeugung nimmt an, daß die Organismen auf der Erdoberfläche ursprünglich aus anorganischen Stoffen entstanden sind und gründet sich auf folgende Schlußfolgerung: da heute auf der Erde Organismen existieren, und da die Erde früher einmal in einem Zustande gewesen ist, in dem keine lebendigen Organismen existieren konnten, so müssen zu irgend einer Zeit Organismen aus leblosem Material entstanden sein." Cf. Meyer, art. "Leben."

28. **unbekannte Zwischenstufen.** Cf. note **95**, 18.

78. — 4. **Intramolekulare Wärme** is to be distinguished from *intermolekulare Wärme*. The former is the heat bound up within the molecule, the latter the heat that may arise among molecules in motion relatively to each other.

11. **„Sind es . . . vernichten".** Quoted from: Pflüger, "Über Wärme und Oxydation der lebendigen Materie." *Archiv für Physiologie*. Bd. 18.

18. **des Verbrauchten,** i.e. *des verbrauchten Stoffes.*

31. **die der Sonne entströmende Wärme.** The importance of the sun's light and heat for all forms of life on the earth can hardly be exaggerated. Cf. art. "Astronomie," p. 36, ll. 5 ff.

79. — 12. **Jede . . . Zelle atmet.** But cf. note to **80,** 26.

29. **Fermente.** See this important article in Brockhaus or Meyer. The problems presented by these remarkable and mysterious compounds and organisms offer a promising field of investigation to ambitious students in biology and organic chemistry.

80. — 9. **das zweite.** The discussion of this stage is omitted on account of lack of space. Those interested are referred to Hertwig, pp. 78 ff.

26. **mit wenigen Ausnahmen.** "Manche Gärungsorganismen, die Spalt- und Sproßpilze liefern eine scheinbare Ausnahme. Denn sie können bei vollständigem Abschluß von Sauerstoff in einer geeigneten Nährflüssigkeit wachsen und sich vermehren. In diesem Fall wird der erforderliche Sauerstoff und die Betriebskraft für den Lebensprozeß durch Zerlegung von Gärmaterial gewonnen. Ebenso leben Darmparasiten in einer ziemlich sauerstofffreien Umgebung durch Spaltung von Verbindungen des Nahrungsbreies." Hertwig, p. 65.

81. — 14. **von der lebenden Substanz selbst.** In other words, the cell appropriates oxygen in accordance with its requirements in the same way as it appropriates carbon, sulphur, etc. In ordinary combustion, on the other hand, the process of oxidation, once begun, continues until the supply of combustible material or of oxygen is exhausted.

21. **„Hierbei . . . hinein".** Quoted from Pflüger. Cf. note **78,** 11.

31. **die keine Chlorophyllkörner enthalten.** The chemical activity of plant cells is much greater when chlorophyll granules are present. Hence, while the result would probably be the same if chlorophyll were present, more time would then be required to check the movement of the protoplasm. In this case a certain amount of oxygen would be supplied through intramolecular breathing (cf. p. 84, ll. 6–18).

82. — 10. **der Lähmung** is dat. after *folgt,* the subject of which is *der Tod des Protoplasma* in the following line. Cf. note **59,** 30.

26. **innere Atmung.** Observe, therefore, that the purification of the blood on entering the lungs, upon which so much stress was laid in the older physiologies, is secondary to the purification of the cells through internal breathing. As a rough illustration from every-day life compare the purification or replacement of the fluid in which garments are being washed with the purification of the garments themselves.

83. — 7. **Aroideen.** Plants of the *Arum* family. The sweet-flag (*Calamus*) and Indian turnip (*Arisaema triphyllum*) are familiar speci-

mens. See colored plate to art. "Arazeen" in Meyer or art. "Araceen" in Brockhaus.

25. **Partialdruck des neutralen Sauerstoffs.** A chemical element or compound is said to be neutral when it exhibits neither acid nor alkaline qualities. As to *Partialdruck* cf. p. 210, l.22 ff.

27. **ist . . . einzugehen,** predicate gerundive, active in form but with passive meaning, used to express the necessity, possibility or fitness of an action: "is to be gone into," i.e. *must be discussed.* Cf. note **207,** 19.

31. **Torricellisches Vakuum.** "Torricelli zeigte 1643 zuerst am Barometer, daß der Druck der atmosphärischen Luft von begrenzter Größe sei, und zwar gleich dem Druck einer Quecksilbersäule von ungefähr 760 mm Höhe. Nach ihm heißt der über dem Quecksilber im Barometer befindliche luftleere Raum die Torricellische Leere." Brockhaus, art. "Leere."

84. — 13. **wenn auch.** Cf. note **153,** 21.

16. **länger.** How can we know that this is an adverb qualifying *fortgesetzter* and not an adjective agreeing with *Entziehung?*

85. — 10. **Es sind dies.** Cf. note **104,** 31.

15. **in den grünen Pflanzenteilen . . . abgelagert.** The final place of deposition of the starch may, however, be remote from the parts of the plant in which chlorophyll is present. "Reich an Stärke sind die als Stoffmagazine dienenden Gewebe der Samen, Knollen, Zwiebeln und Rhizome sowie die Markstrahlen und das Holzparenchym im Holzkörper der Bäume." Cf. Meyer, art. "Stärke."

17. **vieles noch in Dunkel gehüllt.** When used to denote an indefinite amount or mass *viel* appears as an indeclinable substantive, when it expresses the idea of number or variety it is usually inflected. Cf. also note **95,** 18.

32. **dort,** correlative with *hier* (l. 30) = *in the latter* (*hier*) . . . *in the former* (*dort*).

86. — 20. **nach wie vor,** "after as well as before" (the change), i.e. *as before.*

26. **Claude Bernard** (1813–1878), professor of experimental physiology at the Collège de France in Paris, member of the French Academy. See the account of his numerous and important discoveries in Brockhaus or Meyer.

87. — 17. **in gelöstem Zustand.** This furnishes an argument in favor of the view that marine or litoral organisms must have antedated terrestrial forms in biological history. Cf. note **77,** 15.

27. **der Chylus und die Lymphe** are very similar if not identical, the former, however, being confined chiefly to the intestines. "Ist der Verdauungsapparat frei von Nahrungsstoffen, so unterscheidet sich der Chylus weder in seinem Äußern noch in seiner chemischen Zusammen-

setzung von der Lymphe. Zur Zeit der Verdauung hingegen hat er durch Beimengung massenhafter kleinster Fetttröpfchen, die von der Darmhöhle aus in ihn übergegangen sind, milchartiges Aussehen." Meyer, art. "Chylus."

88. — 5. **Herde.** Cf. note **181,** 15.

21. **doch können . . . ertragen werden.** The highly interesting subject of adaptation to a changing environment, which is here touched upon, finds frequent illustration in the following article ("Botanik"). Cf. note **98,** 16.

89. — 20. **aus Kieselschalen bestehende Erdschichten,** such as the silicious ooze formed at the bottom of the sea through the deposit of the hard parts of the *Diatomaceae.* "Kieselgur bildet oft beträchtliche Lager im Tertiär und Quartär, häufig in der Nachbarschaft von Braunkohlen und Torf; das größte deutsche, bis 12 m mächtige Lager findet sich in der Lüneburger Heide; in Oregon, Nevada und Kalifornien gibt es sogar mehr als hundert Meter mächtige Lager." Meyer, art. "Kieselgur."

29. **Überhaupt . . . entnehmen.** The individuality exhibited by plants in their choice of food is paralleled by an equally marked individuality in relation to other factors in their environment. See the chapter entitled "Die Individualität" in Rikli, pp. 275 ff., from which here only one sentence can be quoted: "Die Fähigkeit, große Kälte zu ertragen, ist eine spezifische Eigenschaft des Protoplasmas gewisser Pflanzen und in keiner Weise durch äußere, d. h. außerhalb der Plasmamicellen gelegene Schutzmittel unterstützt."

90. — 3. **Kalium-, Magnesium- und Calciumsalze.** The value of various sea-weeds (kelp) as fertilizers is due in part to the presence of such salts, particularly the salts of potassium.

11. **Rhizopoden.** See note **70,** 5.

22. **Wenn man . . . erfüllt ist.** How is this strange fact to be explained? We are accustomed to assume that the activity of the lower organisms is confined to the search for food and the process of reproduction. Recent studies of insect life have shown, however, that these creatures are actuated in a high degree by the desire for pleasure. May not the same motive be present in a rudimentary form even in the lowest organisms? Cf. note **95,** 18.

91. — 7. **der heizbare Objekttisch.** Invented and described by Max Schultze (cf. note **70,** 11) and designed to maintain the heat of blood or other fluids taken from living organisms at or near normal temperature for the purpose of microscopic examination.

20. **Metschnikoff, Ilija Iljitsch** (1845–), a Russian zoologist, but for many years connected with the Pasteur Institute in Paris. "In der vergleichenden Embryologie der wirbellosen Tiere, sowie in der

Erforschung der Anatomie der niederen Tierwelt ist Metschnikoff eine der ersten Autoritäten der Gegenwart." See the account of the life and work of this distinguished scientist in Brockhaus or Meyer.

29. **geformte Teile,** such as bacteria, foreign substances, etc. Injurious unformed or unorganized elements are eliminated in other ways, through the activity of the kidneys, the skin, etc.

92. — 18. **ein lebhafter Kampf.** In such a conflict the phagocytes appear as friendly allies of the organism in which the bacteria have secured a footing. On the other hand, Metschnikoff is of the opinion that the phagocytes are responsible for many of the phenomena characteristic of old age. He has shown particularly how the hair is turned gray or white through the destruction by the phagocytes of the pigment particles.

19. **je nachdem,** "ever accordingly," i.e. *as the case may be.* In this phrase *nachdem* is not to be confused with the conjunction *nachdem,* but is equivalent to *demnach.*

BOTANY

93. — 2. **aus.** Cf. note **41,** 9.

18. **thermisch sehr verschieden abgestimmt.** This is due to differences in cell structure rather than (as botanists were once inclined to assume) to any external means of protection. See statement quoted from Rikli under note **89,** 29.

94. — 1. **eine untere und eine obere Wärmemenge.** Observe that these limits are determined for plants in general by the physical characteristics of water at different temperatures. If plants depended upon some other fluid than water for their existence it is conceivable that they might adapt themselves to temperatures below 32° or above 212° F.

4. *Mimosa pudica L.,* a species of sensitive-plant. Cf. art. "Schutzeinrichtungen" in Meyer, Plate I, Fig. 1. The *L.* is abbreviation for Linnaeus (note **115,** 18), the botanist by whom the plant was named. Similar abbreviations used in this article are the following: *Hook.* = Sir William Jackson Hooker (English botanist, 1785–1865), *Labill.* = J. J. Houton de Labillardière (French botanist and explorer, 1755–1834), *Cav.* = Antonio José Cavanilles (director of the Botanical Garden in Madrid, 1745–1804).

6. **15° C.** The formula for changing readings on the centigrade thermometer to the Fahrenheit scale is given in note **38,** 13.

13. **schon.** Students must be on their guard against translating this word mechanically with "already" and should determine carefully just what word or idea it qualifies. Often, as here, the idea is one which is suggested rather than expressed. In the present instance the

thought is as follows: As the temperature drops, a point (still above 0° C) is reached where *already* or *without going further* the destruction of the plant occurs.

18. *Gesneracee*, a family of plants embracing 700 or more varieties confined to the tropical or sub-tropical regions of the earth. Certain species — *Achimenes*, *Gesneria*, etc. — are grown under glass as house plants. Cf. Plate II to art. "Zimmerpflanzen," in Meyer.

30. **noch.** As stated above, *schon* is often used to indicate that a certain point has already been reached without going further. Conversely, *noch* is used to show that this point has not yet been reached or that one would be obliged to go further in order to reach it. Hence the thought here is this: The limits of the forested region lie still further to the north than the pole of minimum temperature.

31. **Werchojansk,** on English maps *Verkhoyansk*, "gilt für den kältesten Punkt der Erde. Im Jan. 1885 wurden daselbst Temperaturen bis −68° C mit dem Alkoholthermometer gemessen. Mittlere Jahrestemperatur −17,2°." Brockhaus.

95. — 6. **Pictet, Raoul Pierre** (1846–), Swiss chemist and physicist. "Er verdichtete 1877 die bis dahin für permanent gehaltenen Gase Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff durch Druck und Kälte zu Flüssigkeiten und studierte das Verhalten verschiedener Körper bei sehr niedriger Temperatur." Meyer.

8. **dies sind.** Cf. note **104,** 31.

14. *Avena*, oats; *Triticum*, wheat.

18. **Es ist sehr zu bedauern . . . vorliegen.** Students ambitious to engage in original scientific investigation will do well to make note of remarks such as this for future reference.

32. **Dauphiné, Oisans,** mountainous districts southeast of Grenoble. See map to art. "Westalpen" in Brockhaus, "Alpen" in Meyer.

96. — 7. **3·8 %.** A period is used after a numeral to indicate that the latter is to be read as an ordinal; e.g. 3. = *der dritte.* Hence when the period is used to represent the decimal point it is generally raised above its ordinary position. It occupies the same position also in algebraic equations to indicate multiplication (p. 127, l. 15). The decimal point is represented most frequently by the comma (p. 137, l. 6). Hence the comma cannot be used to separate hundreds from thousands, thousands from millions, etc. (cf. note **8,** 1). Observe also that the period is not used after abbreviations for units of length, weight, etc. (p. 113, l. 27).

10. **Gefäßpflanzen.** Cf. note **124,** 5.

26. **Kalorie,** "die Wärmemenge, die erforderlich ist, um 1 kg Wasser um 1° zu erwärmen. Um kleine Wärmemengen zu bestimmen, benutzt man neben dieser großen Kalorie (Cal) noch die kleine Kalorie (cal),

die der Wärmemenge entspricht, die erforderlich ist, um 1 g Wasser um 1° zu erwärmen." Cf. Meyer, "Wärmeeinheit."

30. **Die** agrees with *Wärme* in the following line. Cf. note **33,** 11. — **in beiden Gebieten.** The two regions are those referred to in line 22.

97. — 3. **vegetative Vermehrung,** "d. h. die Bildung neuer Pflanzenindividuen durch Ablösung fortwachsender vegetativer Teile vom Körper einer Pflanze, im Gegensatz zur Reproduktion auf geschlechtlichem Wege." Cf. Meyer, "Vermehrung der Pflanzen."

22. **Die mittlere Temperatur . . . Vegetationsperiode.** Similarly the determination of the rainfall and its distribution during the growing season is of much greater importance than the determination of the average annual rainfall (p. 106, ll. 24 ff.), a fact of prime importance in estimating the value of agricultural land.

98. — 7. **längeren,** *rather long.* The comparative absolute is used to indicate that the quality mentioned is present in a rather high degree without, however, suggesting any definite comparison with any other object.

9. **Spätlinge,** "latelings," to coin a word of similar form and meaning in English. Likewise one may notice in the fall of the year plants which cease their development and drop their leaves earlier than their fellows. Are these the same individuals as the "latelings"? Cf. note **95,** 18.

16. **Im allgemeinen . . . angepaßt.** This adaption to the supply of heat available during the growing season proceeds in many species with remarkable rapidity. Varieties of corn which in New England reach maturity in 90 days or less require when grown in the south, after two or three seasons, 120 days or more for the same process. Conversely the tomato, a tropical or semi-tropical plant, can be cultivated successfully in Maine and southern Canada.

32. **Die Anpassungen . . . vererbt.** The author here touches upon the subject of the transmission of acquired characteristics. Those interested in this much discussed question are referred to the article "Erblichkeitsforschung" in the third volume of Abderhaldens *Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung* (the same volume from which the present article is taken).

99. — 3. **biologische Unterschiede.** That is to say differences in the specific qualities of the protoplasm which, however, do not reveal themselves in the outer form of the seed. Cf. note **89,** 29, latter part.

19. **eine Wärmesumme von ca. 850° C.** The amount is determined by adding together the average daily temperature for each day of the growing season, beginning with the day when this temperature first rises above 0° C.

20. **Görz.** Cf. note **4,** 15.

100. — 12. **Wählen wir.** Cf. note **126,** 15.

13. **hocharktische Stationen.** In reading the following table, note that the stations are arranged in accordance with their latitude, beginning with the most southerly. The Roman numerals refer to the months of the year, V = May, etc. Max. and Min. = maximum and minimum temperature.

101. — 20. **herabgeschienen,** sc. *hatte.* The omission of the auxiliary in dependent clauses where it can easily be supplied is of common occurrence and will not be referred to further, unless by reference to this note.

22. **Silene acaulis,** *moss-campion.* This plant is also found within the borders of the United States (White Mts.). Cf. art. "Silene" in Brockhaus or Meyer.

102. — 1. **Schleuderthermometer,** "ein Thermometer, das an einer Schnur oder an einem Stabe befestigt ist und daran zur beliebigen Tageszeit mehrmals in der freien Luft herumgeschwungen wird, wobei das Thermometer wegen der großen Luftmassen, mit denen dasselbe in kurzer Zeit in Berührung kommt, auch bei Sonnenschein die Schattentemperatur der Luft annimmt." Brockhaus.

8. **Spaliersträucher.** Shrubs or dwarf trees grown upon a trellis (French *espalier*). The heat in this case is reflected by the wall against which the trellis stands. *Spalierwuchs,* l. 11, is therefore the spreading growth or form peculiar to trellised trees. See Plate II to art. "Obst" in Meyer.

18. **bei 20 m,** i.e. at an elevation of 20 m. above sea-level.

19. **die Diavolezza** is a massif in the Eastern Alps, Canton Grisons, Switzerland. **Pontresina** is in the same region.

21. **all** usually takes the strong inflectional endings, but often remains uninflected before the definite article or a pronominal adjective.

24. **wäre.** Cf. note **41,** 26.

103. — 2. **je** has as its fundamental meaning *ever, always.* From this has developed a distributive significance, *each, every,* e.g. je der zehnte Mann, "always the tenth man," i.e. *every tenth man.* Hence here: *one moss and one water fungus of each* (of these two genera).

13. **wo auch.** Cf. note **153,** 21.

23. **einem** agrees with *Weltmeere.* If the construction is not clear cf. note **33,** 11.

28. **Diels, Ludwig** (1874–), privat-docent for botany at the University of Berlin. The quotation in the text is taken from his *Pflanzengeographie.* G. J. Göschen (1908).

104. — 15. **de Candolle, Alphonse** (1806–1893), an eminent French-Swiss botanist. His father Augustin, and his son Casimir de Candolle

were also distinguished workers in the same field. See his life and the list of his works in Brockhaus or Meyer.

21. **Die Hydromegathermen.** This and the following terms were suggested by de Candolle and have been adopted in English as hydromegatherms, xerotherms, mesotherms, etc. Their significance, for those who are not familiar with Greek, is as follows: hydromegatherms = moist regions of great heat, xerotherms = dry regions of high temperature, mesotherms = regions of moderate temperature, mikrotherms = regions of low temperature, hekistotherms = regions of least warmth. Notice that these regions are not determined by parallels of latitude only and that they correspond, therefore, only roughly and with many exceptions to the familiar division of the earth's surface into the tropics, the temperate zones and the arctic regions.

31. **Es sind dies,** *These are.* *Es* is the grammatical or provisional subject, *dies* the logical subject, but the verb agrees in number with the predicate, *Länderstrecken.*

105. — 15. **Kältewüsten.** These regions resemble deserts not merely in that the vegetation is scanty or entirely lacking, but also because of the absence of moisture. Cf. p. 106, ll. 17–24.

25. **Grisebach, August** (1814–1879), professor of botany and director of the Botanical Garden in Göttingen. "Er beschäftigte sich hauptsächlich mit Pflanzengeographie und unternahm wissenschaftliche Reisen durch die Türkei, nach Norwegen, in die Pyrenäen etc." Cf. Brockhaus or Meyer.

106. — 5. **diese Auffassung.** Grisebach's theory furnishes a clear illustration of what is doubtless the commonest error on the part of scientific investigators, — overhasty generalization from insufficient data. Cf. note **199,** 4.

11. **Buran,** "heftiger Wind in den Steppen Rußlands und Sibiriens. Der Sommerburan bringt drückende Hitze und dichten Staub. Der Winterburan wird durch starkes Schneegestöber und gesteigertes Kältegefühl für Menschen und Vieh verderblich, besonders wenn er als Wirbelsturm auftritt. Die Hauptzeit ist Beginn und Ende des Winters." Meyer.

12. **Tundra,** "Name der ungeheuren Ebenen, die im nördlichen Sibirien und westwärts vom Ural bis gegen das Weiße Meer und die Dwina hin auch im nördlichen Europa das Eismeer begrenzen, ebensowohl aber auch in Nordamerika auftreten. Im kurzen Sommer verwandelt sich die Tundra in unwegsamen Morast." Brockhaus. As to the extent of the tundra see chart to art. "Pflanzengeographie" in Brockhaus or Meyer.

107. — 5. **Ragusa.** Students who have not yet acquired the "geographical habit" are urged to observe the location of this and the other

stations mentioned on the map, not merely as a matter of latitude and longitude, but for the light that their local surroundings will throw upon the question under discussion.

7. **Das** is a general demonstrative of widest use, the number and gender of the object or objects referred to being determined by the predicate with which, therefore, the verb agrees.

9. **Fischer, Theobald** (1846–), professor of geography at the University of Marburg. He has made the countries surrounding the Mediterranean Sea the objects of his particular study.

12. **das jährliche Niederschlagsmittel von Deutschland** amounts to about 709 mm.

108. — 19. **Die Krone . . . bleibt stationär,** not in the sense that the crown remains fixed at a given distance from the ground — which, of course, is not true — but unchanging in size and shape.

24. **Leitungsbahnen.** These "paths of conduction" or *conducting tissues* are the woody strands which furnish the channels through which the sap flows from the roots to the leaves and back again.

30. **Gewöhnlich . . . feststellen.** In other words, the adaption of plants to the heat or cold of their environment occurs within the protoplasm and does not result in the development of external protective coverings. "Erst wenn wir einen tieferen Einblick in die molekulare Struktur und in die Dynamik des Protoplasmas erlangt haben, werden wir die ‚konstitutionelle Frosthärte' der Pflanzen erklären können." Rikli, p. 279.

109. — 1. **Wasserbilanz.** This term has been adopted in English as "water balance" and appears in the title of the following publication of the Carnegie Institution of Washington: *Water Balance of Succulent Plants*, by D. T. MacDougal and E. S. Spalding. In reply to an inquiry in regard to the introduction of the expression in English Dr. MacDougal writes as follows: "Water balance is used to express the relations of supply, surplus and use of water by plants and our contribution is perhaps the first one in which it is brought into the science in this way. It seemed desirable to avoid conceding purpose as implied in 'water storage' and the term in question was the most available. Otherwise it would have been necessary to coin a new word."

10. **Oberflächenvergrößerung.** The most striking illustration is furnished by *Victoria regia*, a South American acquatic plant whose circular floating leaves attain a diameter of 6 feet and more, or a superficial area of over 4000 square inches.

11. **mechanische und leitende Elemente.** Cf. notes **110,** 19 and **108,** 24.

12. **Spreiten** or **Blattspreiten.** "An jedem Blatt unterscheidet man einen flächenförmig ausgebreiteten Teil als Blattspreite und einen stiel-

artig zusammengezogenen Teil, mit dem das Blatt an der Stammachse festsitzt, als Blattstiel." Brockhaus, art. "Blatt."

19. **Spaltöffnungen,** *stomata* "die Organe, mittels deren ein direkter Gasaustausch zwischen der umgebenden Luft und den im Innern der Gewebe der Pflanzen, besonders in den sog. Intercellularräumen eingeschlossenen Gasmengen ermöglicht wird." Brockhaus.

20. **deren,** gen. pl. of the demonstrative *der*, referring back to *Spaltöffnungen*. *Dessen, deren* are much used in place of the declined forms of *sein* and *ihr* to avoid ambiguity, and since they generally refer to the nearest antecedent they can often be best rendered by *the latter's, of the latter*.

21. **Cuticula.** As to the relationship and the distinction between the *Epidermis* and the *Cuticula* cf. art "Epidermis" in Brockhaus, art. "Hautgewebe" in Meyer.

110. — 15. **Rutenpflanzen,** *withe-* or *rush-like plants*. "Gewächse, denen durch die Trockenheit, den Salzgehalt oder die Sauerstoffarmut des Bodens die Wasseraufnahme erschwert ist, weisen Verkleinerung und schließliche Verkümmerung der grünen assimilierenden Blattflächen auf, wie bei den Kasuarineen, bei Equisetum u. a., deren rutenförmige, dünne Stengel (Rutengewächse) die Spaltöffnungen in Längsrinnen bergen." Meyer, art. "Schutzeinrichtungen." See illustration to art. "Casuarina" in Meyer or Fig. 4 on the plate to art. "Amentaceen" in Brockhaus.

16. **Dornsträucher.** There are, of course, many varieties of thorn-bushes and thorny plants. The author here probably has the cacti in mind.

17. **Kugelform.** With this shape the plant offers the least surface of evaporation in proportion to its bulk. Cf. Nos. 6, 7, 9, 12 on the plate illustrating art. "Kakteen" in Brockhaus, Nos. 10, 16, 18 in Meyer.

19. **mechanische Elemente.** The mechanical elements or tissues of plants are defined as "die dem mechanischen Zwecke der Festigung dienenden Zellverbände des Pflanzenkörpers im Gegensatz zu den weichen Geweben (dem Mestom). Dazu gehören der Bast, die verdickten Fasern des Holzes, das Kollenchym, und die nicht faserförmigen, stark verdickten Steinzellen, die z. B. in zahlreichen Fällen die Festigkeit der Frucht- und Samenhüllen, desgleichen auch der Steinkörperchen im Fruchtfleisch der Birnen bedingen." Meyer, art. "Hartgewebe."

26. **Blatt- und Stammsucculenten,** in general all plants characterized by a strongly pronounced fleshy development of leaves or stalks. "Sie sind zum größten Teile Bewohner von Gegenden, in denen lange Perioden von Trockenheit von ausgiebigen Regengüssen unterbrochen

werden. Während dieser Regenzeiten sind die Sukkulenten im Stande, in ihren fleischigen Teilen große Mengen von Wasser aufzuspeichern." Cf. Brockhaus, art. "Fettpflanzen."

111. — 1. **Schimper, Franz Wilhelm** (1856–1901), an eminent botanist and pharmacologist and the son of a distinguished botanist (Wilhelm Philipp S., 1808–1880). Schimper was at one time connected with the Johns Hopkins University in Baltimore and was later professor at the universities of Bonn and Basel. The work referred to is his *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage* (Jena 1898).

4. **je nach.** Cf. note **116,** 30.

29. **Von der Lybischen Wüste . . . abhängig ist.** "Diese Angabe trifft aber nur für das schmale Randgebiet der Wüste längs dem Niltale zu. In der Sahara selbst gehören Tau und Nebelbildungen zu den größten Seltenheiten." Rikli, p. 236.

112. — 14. **die durch den Wind . . . zerstreut worden sind.** An interesting instance of the transportation of seeds by the wind. See Frontispiece and the reference there given.

29. **Gazellen weiden in Rudeln.** The ability of plants to adapt themselves to an extremely dry environment has already been discussed. These gazelles of the desert afford a remarkable illustration of similar adaptation among animals. "Miles apart masses of vegetation would bulk large and distorted, but when ridden down they dwindled to small clumps of an indurated succulent which had started with the moisture of a vagrant rain-storm a few years before, and survived inactive and leathery. Among these and at short intervals were . . . the footprints of gazelles, which derive their sole supply of moisture from the scanty proportion in their desiccated food." "By Caravan through the Libyan Desert," *Harper's Magazine*, Sept. 1913.

113. — 17. **Oued** (pl. *Oueds*) like the corresponding English wadi is an adaptation of the Arabic word *wady, a ravine, bed of a river or watercourse, usually dry except in the rainy season.* See Rikli, Fig. 126. — *Rhus Oxyacantha Cav.* A shrub belonging to the sumac group of the cashew family. Cf. also note **94,** 4.

20. **der saharische Atlas,** the most southerly range of the Atlas Mts. in northern Africa. See map of Algeria.

26. **höhere Juraweiden,** *elevated pasture lands in the Jura Mts.* (cf. note **4,** 15). *Höheren* is comparative absolute, hence the absence of the article.

27. **Höcker.** Such hummocks are of frequent occurrence in pastures the world over. The reader is requested to refer to the last paragraph of the Introduction.

114. — 4. **Ginster,** *Spanish broom,* a plant belonging to the genus *Genista* (hence the name), several members of which are found among the *Rutenpflanzen* described in note **110,** 15.

9. **einer.** Observe that when *ein* is used as a numeral it has the strong declensional endings.

12. **Die wilde Sihl.** See map of eastern Switzerland. Rivers and streams are usually of the feminine gender in German, many of them having been formed with a feminine suffix *-aha* (akin to Lat. *aqua*, f.); *Fulda* from *Fuldaha*, etc.

17. **der Seen,** i.e. the well known "Italian Lakes" (which are, however, partly in Swiss territory) Maggiore, Lugano, etc.

115. — 1. **andere Schwierigkeiten,** particularly the competition of the native flora. What other difficulties can be mentioned?

8. **sei es,** hortatory subjunctive, correlative with *sei es* in line 10, "let it be" (this or that), i.e. *whether it be . . . or whether, either . . . or.* Cf. p. 233, l. 13.

15. **die Seyschellen-Nuß** takes its name from the Seychelles Islands in the Indian Ocean where the parent tree was discovered. "Die seltsam zweilappigen Nüsse sind vortrefflich zum Schwimmen eingerichtet. Aus unbekannter Ferne fand man sie bisweilen am Strande der Küste Vorderindiens angeschwemmt. Kein Mensch wußte zu sagen, woher diese merkwürdigen Gebilde kamen, und so bildete sich die Sage aus, daß sie als eine Zauberfrucht am Grunde des Meeres wüchsen. Deshalb nannte man sie Meerkokosnüsse oder Wundernüsse Salomos." Reinhardt, *Kulturgeschichte der Nutzpflanzen*, I, 189. See Meyer, art. "Palmen," Plate III, Fig. 4.

18. **v. Linné, Karl** (1707–1778), Linnaeus, the celebrated Swedish botanist and naturalist, founder of the "Linnean system" of botanical classification. "Linné's Hauptverdienst für die Botanik ist darin zu suchen, daß er zum erstenmal die sog. binäre Nomenklatur, die Benennung jeder Pflanze mit zwei Namen, einem Gattungsnamen und einem Speciesnamen, folgerichtig durchgeführt hat." Brockhaus.

23. **Jeannettesströmung,** so called from its discovery by the members of the ill-fated *Jeannette* expedition. Under the command of Lieutenant De Long, U.S.N., the *Jeannette* sailed from San Francisco in July, 1879, and proceeded to the northern coast of Siberia. Beset by the ice in September of the same year the vessel drifted to the northwest, carried by the Jeannette current, and was crushed in lat. 77° 15′ in June, 1881. The crew put off in three life-boats, two of which managed to reach the mainland. De Long, however, with thirteen of his men perished of cold and starvation on the tundra near the mouth of the river Lena.

30. **Porsild, M. P.** is a Norwegian botanist. The experiments referred to are described in a work which he published in 1908 on the flora of the island of Disco on the west coast of Greenland.

116. — 14. **Diese Insel . . . submarine Eruptionen.** This eruption is believed to have been the greatest volcanic catastrophe of modern

times. "Während der Eruptionen stiegen Rauchsäulen bis zu 11–30 000 m Höhe. Sie verursachten fast auf der ganzen Erde eigentümliche Lichtphänomene [see photograph and description of the *Leuchtende Nachtwolken*, Wegener, pp. 54 ff.]. Ein Teil der Krakatauinsel versank. Ungeheure Flutwellen bis zu 30 m Höhe ergossen sich über den gegenüber liegenden Teil des westlichen Javas bis weit in das Innere dieser Insel, überall die größten Verwüstungen anrichtend. Der Verlust an Menschenleben wird auf 25–75 000 geschätzt." Brockhaus, art. "Krakatau."

15. **Treub.** Cf. note **124,** 4.

30. **je nach der Art,** "ever according to the manner or method," i.e. according to whichever method is chosen. *Je nach* is in a sense the plural of *nach*, the latter being used when only a single "accordance" is involved, the former when more than one.

117. — 12. **bald,** correlative with *bald* in the following line, "quickly (this) . . . quickly (that)," i.e. *now . . . now, at one time . . . and again.* The English and the German expressions are not so dissimilar as they appear to be, since in the former also a certain rapidity of change, succession or transformation is suggested or implied.

18. **Leveche,** "(sprich -wétsche), der Sirocco Spaniens, tritt als trockner heißer Südost- oder Südwestwind auf." Brockhaus. A Spanish word, no English equivalent.

27. **Föhn,** from the Lat. *Favonius* (*favere*, "to be favorable"), the west wind, which was believed to promote vegetation in the spring. While the foehn blows at times with the violence of a hurricane it is welcomed by the Swiss mountaineers as the most effective agent for removing the accumulated snows of winter so that it, and not the sun, is known as the "Schneefresser."

118. — 17. **Ähnliche föhnartige Winde . . . angegeben.** Favorable winds of this kind are probably prevalent locally in greater or less degree in all countries, although information based on careful observation is largely lacking. Cf. note **95,** 18.

19. **Da die Geschwindigkeit . . . zunimmt.** Cf., however, p. 196, ll. 14–19.

26. **Spalierform.** Cf. note **102,** 8.

119. — 4. **„Windform."** See Frontispiece and description.

12. **noch so niederen,** *however low, ever so slight.* This use of *noch* has developed in concessive clauses, as can be seen by putting the sentence in question in the form: Sei der Höhenzug noch so niedrig (wie du willst), dennoch bleibt etc., *Let the elevation still be as low* (*as you please*) *nevertheless*, etc.

17. **läßt sich . . . verfolgen.** Cf. note **68,** 15.

120. — 1. **die** agrees with what? Cf. note **33,** 11.

5. **nach Westen, Osten oder sogar nach Süden.** The implication is that a valley extending toward the north has the most favorable situation in relation to the sun. And this is true since the sides of such a valley would face southeast and southwest and therefore be in a position to receive the greatest benefit from the sun's rays. Observe, however, that the valleys in question are thought of as extending in a direction opposite to that of the streams flowing through them.

12. **subarktische Wald- und Baumgrenze.** See the chart for northern Russia, Rikli, p. 253, or chart to art. "Pflanzengeographie" in Brockhaus or Meyer.

14. **v. Middendorf, Alexander Theodor** (1815–1894), a Russian naturalist and explorer. The work referred to in the text was the result of his travels in northern Siberia in the years 1842–1845, undertaken at the request of the Academy of Sciences in St. Petersburg.

22. **100.000.** It is not now customary to separate hundreds from thousands, thousands from millions, etc. with the period (cf. note **8,** 1). But since this *Reader* is intended as an introduction to an actual and not to an ideal or standardized scientific literature, no attempt has been made to introduce uniformity of punctuation or spelling.

121. — 1. **Depressionsgrenze.** The timber-line is spoken of in this case as a "boundary of depression" for the reason that its natural elevation has been reduced by the ax of the woodsman. In other cases, however, economic causes may result in an advance of the line, as on the trans-Mississippi plains of the U.S.

9. **Druckwirkung, Zug.** The pull upon the branches is due chiefly to the effect of the wind upon the leaves, whereas the pressure upon the trunk continues whether the leaves are present or not. The trunk, however, is also affected by the pulling of the branches, and the branches in turn are not free from pressure. The distinction is, therefore, less sharp than it seems.

12. **hin:.** Notice that the colon is used to introduce a second clause which explains the first and that in many cases, as here, it is almost equivalent to quotation marks. Hence the capital letter with which the following clause begins.

13. **nach der . . . Windrichtung,** i.e. toward the direction in which the wind is blowing. An east wind has a westerly *Windrichtung*, etc.

22. **Windblütler . . . auf niederen ozeanischen Inseln.** Observe that the wind operates in favor of anemophilous plants not merely in transporting pollen and seed, but also by creating a condition unfavorable to the existence of plants depending upon the visits of insects for pollination. A single storm passing over a low lying island might easily sweep out to sea the greater part of its insect population, and in general high winds are always unfavorable to insect life.

26. **In den Gebirgen . . . abzunehmen.** How is this to be accounted for? Cf. note **95,** 18.

122. — 2. **die Halligen,** "eine Gruppe kleiner Inseln an der Westküste Schleswig-Holsteins, die insularen Reste von Märschen, welche früher in großer Ausdehnung vorhanden waren. Durchschnitten sind alle Halligen von zahlreichen Gräben, in denen das Seewasser ebbt und flutet, sind aber so niedrig (kaum ½ m über Normalhochwasser), daß sie bei jedem anhaltenden Sturm überschwemmt werden, nicht selten mehrere Meter hoch." Brockhaus.

4. **die Kerguelen** (pronounced *Kergéllen*), a small group of islands in the Indian Ocean (lat. 49° S.) belonging to France. On English maps they often appear as Desolation Island.

6. ***Pringlea antiscorbutica*** "wird auf den Kerguelen wie Kohl gegessen und ist gegen Skorbut wirksam; daher der Name." Meyer.

13. **bald,** correlative with the following *oder*. Cf. note **117,** 12. — **staubartig klein, oder mit Oberflächenvergrößerungen versehen.** Since the volume of a spherical body decreases according to the cube of its radius while the surface decreases only according to the square it is evident that the dust-like seeds of the ferns, orchids, etc. also present in respect to their weight a relatively large surface to the action of the wind. Hence the underlying principle is the same in both cases.

20. **Hochblätter.** "Je nach der Stellung der Blätter unterscheidet man Niederblätter, Laubblätter und Hochblätter. Unter den letzteren versteht man solche, die an der Zusammensetzung der Blüten und Blütenstände teilnehmen." Brockhaus. — ***Tilia,*** linden; ***Carpinus,*** hornbeam.

27. ***Amarantus albus***, the ghost-plant, one of the "tumbleweeds" found on the plains of western N. America.

123. — 14. **liegen . . . keine Arbeiten vor.** Cf. note **95,** 18.

19. **die vordere Furka,** the Upper Furka, an Alpine pass in Canton Tessin, southern Switzerland, elevation 7820 ft. Not to be confused with the well known Furka Pass, which lies about 15 miles further to the north.

21. **Val Campo** or Val di Campo, a valley in Canton Tessin draining through the river Maggia into Lake Maggiore.

27. **„Zum drufliege auf d' Alp",** in High German: "Zum daraufliegen auf der Alp." The word *Alp* is not to be understood as the singular of *die Alpen*, but is used among the mountaineers to designate "einen mit Gras und Kräutern bewachsenen Weideplatz, der wegen seiner Höhe, Abgelegenheit und Unzugänglichkeit während des Winters weder von Menschen noch Vieh bewohnt werden kann." Brockhaus.

124. — 4. **Treub, Melchior** (1851–), a Dutch botanist, since 1880 director of the Botanical Garden at Buitenzorg (Java), which he

has developed into a model institution of its kind. The article referred to appeared in the *Annales du Jardin botanique de Buitenzorg* (1888) under the title "Notice sur la nouvelle flore de Krakatau."

5. **Gefäßpflanzen,** vascular plants in which the structure is made up in part of elongated cells for the circulation of sap, these cells constituting the vascular tissue. They include all plants above the mosses and thallophytes.

6. **alles.** Neuter pronouns and pronominal adjectives referring to previously mentioned subjects collectively or distributively appear in the singular, the various elements to which they direct the attention constituting together a single scene, picture or situation.

12. **Hansaleute.** The *Hansa* was one of two vessels which conveyed a party of German explorers in 1869 to the east coast of Greenland. In September of the same year the *Hansa* was crushed in the ice, but the crew, after floating for two hundred days on an ice-floe, succeeded in reaching a Danish settlement in southern Greenland. The second vessel skirted the coast up to lat. 77° N. and returned uninjured. The results of the expedition were published under the title *Die zweite deutsche Nordpolarfahrt* (Leipzig 1873–1874).

13. **Liverpoolküste,** that part of the east coast of Greenland lying approximately between 70° and 72° N. lat.

18. **König Oskarland,** the continuation of Ellesmere and Grinnell Land toward the west (see map of North Polar Regions). A King Oscar Land shown on some maps as a part of the archipelago known as Franz Josef Land has been proved to be non-existent. — **Sverdrup, Otto** (1854–), a Norwegian sea-captain who has a long list of arctic explorations to his credit. He is the author of *Neues Land. Vier Jahre in arktischen Gebieten* (deutsche Ausgabe, Leipzig 1903).

CHEMISTRY

125. — 5. **nicht.** Cf. note **3,** 13.

16. **alle Materie ist unzerstörbar.** This conclusion is reached both through philosophical theory and scientific observation. "Als das wesentlichste Merkmal der Materie gilt ihr die Masse (bez. das Gewicht), weil diese allein bei allen Naturprozessen unvermehrt und unvermindert bleibt und somit dem logischen Postulat der Konstanz der Materie entspricht." Meyer, art. "Materie."

126. — 15. **Erklären wir,** hortatory subj. While subjunctive forms are often identical with the indicative forms of the same tense they can be distinguished by the word-order, as here, or by the requirements of the context. Notice particularly that there is no difference in form

between the ind. and subj. in the past tense of weak verbs. Cf. note **40,** 16.

16. **reden hören.** As to the form *reden* cf. note **68,** 15. *Hören*, like the modal auxiliaries *dürfen, können, müssen*, etc., and a few other verbs, appears in a compound tense in the infinitive instead of the past participle when preceded by an infinitive depending upon it. This apparent anomaly is explained by the fact that these "infinitives," or some of them, were originally past participles without the prefix *ge-*, which happened to coincide in form with their infinitives and were accordingly confused with them.

21. **Später . . . aufeinander ausüben.** This extension of the law of gravitation to cover all bodies was one of the great contributions to science made by Sir Isaac Newton (note **218,** 1).

24. **Die Anziehungskraft der Erde,** being the aggregate of the attraction exerted by its separate parts, appears to be located at the earth's center. For an interesting instance of the force of gravity acting in a direction away from the center of the earth see note **155,** 7, latter part.

127. — 16. **p = m·g.** Read: *p gleicht m mal g.* Notice the raised position of the period between *m* and *g* and cf. note **96,** 7.

23. **zweier.** The cardinal numerals except *ein* are not usually declined, but *zwei* and *drei* used attributively often show the strong declensional endings in the gen. and dat. when there is no article or other word present to indicate the case of the noun.

128. — 5. **alle Gase . . . enthalten.** This is known in physics as Avogadro's Law. For the argumentation upon which it is based cf. art. "Avogadrosches Gesetz " in Brockhaus or Meyer.

17. **unter bestimmten Voraussetzungen.** The conditions are that the water should be chemically pure (distilled) and that it should be at its maximum density (+ 4° C.).

129. — 8. **könnte,** potential subj. implying an incomplete condition, *could not* (even if he should try). Cf. note **41,** 26.

12. **„Elemente".** Cf. note **18,** 23.

27. **je,** distributive (cf. *jeder*), *on each of which.* Cf. note **103,** 2.

130. — 8. **einen** agrees with *Zylinder.* If the construction is not clear cf. note **33,** 11.

20. **zu 22% in der Luft.** This holds good, however, only for the lowest stratum of the earth's atmosphere. See diagram on p. 213.

131. — 4. **unter . . . Umständen.** Cf. note **224,** 17.

21. **können.** Why the infinitive? Cf. note **126,** 16.

132. — 6. **Sie werden . . . wohl . . . bemerkt haben,** *you have probably noticed.* This is the "presumptive" future or "future of claimed probability." The *wohl* is not essential though generally present.

16. **bei jeder Verbrennung . . . mit Sauerstoff verbindet.** While this is the view of combustion that obtains generally there is really no good reason for limiting the term so closely. "Wirkliche Verbrennung mit Licht und Wärme findet auch in andern, dem Sauerstoff ähnlichen Gasarten und Dämpfen, z. B. Chlorgas, Schwefeldämpfen, Bromdämpfen u. s. w. statt." Brockhaus, art. "Verbrennung."

30. **Atmung.** See the instructive discussion of this process on p. 80, ll. 24 ff.

133. — 4. **Das Gas ist . . . löslich.** How does the fact mentioned in the preceding sentence prove this?

15. **uns,** what case, and to be taken with which verb? Notice that while *haben*, as a rule, is not employed like the English *have* as a substitute for *müssen* it does occasionally approximate this usage.

23. **Stoff, der eine Säure bildet.** There are, however, acids which contain no oxygen, such as hydrochloric acid, HCl, hydrocyanic acid, HCN, etc.

134. — 6. **Dieses Wort . . . Kalium.** Both parts of the compound are from the Arabic: *al*, the + *qualīy*, ashes of saltwort or glasswort, plants containing a large percentage of soda.

15. **sein** is to be taken with *unterrichtet* as well as with *klar*. Many students of foreign languages seem to feel that there must be a different subject for every verb or that one verb can introduce only a single predicate. This undue haste to change or to look for a change of construction results frequently in failure to understand an otherwise simple sentence. The opposite of this — failure to understand a sentence through the continuation of a construction which has actually ceased — occurs rarely or never. *Festina lente!*

135. — 4. **in ein Bechergias.** The acc. is used instead of the dat. since motion into is implied as preceding the action expressed in the verb *halte*.

16. **aus einer Flechte.** As a matter of fact there are several lichens (species of *Roccella* and *Lecanora*) from which litmus is produced. The preparation is manufactured chiefly in Holland. Cf. art. "Lackmus" in Brockhaus or Meyer.

136. — 8. **Die Atomtheorie** was developed and promulgated by Dalton (1766–1844) at the beginning of the nineteenth century. See the instructive art. "Atomtheorie" in Brockhaus.

19. **zu trennenden,** attributive gerundive. Cf. note **207,** 19.

23. **aus mindestens zwei Atomen.** It is not necessary, however, that these atoms should represent more than one element. Cf. p. 139, ll. 4–5.

25. **Riesenmolekül.** The formula for the protein molecule offers an example (p. 74, l. 16).

137. — 17. **Wasserstoff . . . stets in der geringsten Menge.** It is now believed, however, that there is a chemical element whose atomic weight is still less than that of hydrogen. Cf. p. 211, ll. 22 ff.

30. **es** is the object of *tun* and refers to the statement contained in the preceding clause. Subordinate clauses in German often have a subject or object which in English is suppressed or deemed superfluous. Cf. note **228,** 31.

138. — 1. **beabsichtigten,** unreal potential subjunctive as used in substantive *daß*-clauses (the *daß* frequently being suppressed) to indicate a possibility or to express a statement modestly or cautiously. Cf. Curme, *A Grammar of the German Language*, § 169, 2, G.

8. **dafür,** "for it," i.e. in place of or to represent the weight of the chlorine.

22. **Oft . . . anstatt „Verbindungsgewichte" „Atomgewichte".** Since it is customary in ordinary chemical practice to use these terms interchangeably it may appear strange to some that their identity is referred to as an assumption (Annahme). Those interested in the relation of the two concepts are referred to art. "Äquivalent" in Meyer.

139. — 4. **einem für sich beständigen Molekül,** *a self-existent molecule*, i.e. constant in character and of distinct individuality.

15. **wenn auch.** Cf. note **153,** 21.

17. **100 Kältegraden** = 148° below zero Fahrenheit. Cf. note **38,** 13.

29. **Mitunter . . . nachweisen.** But see art. "Ozon" in Brockhaus, from which the following is taken: "Ozon findet sich in der Luft, nach Gewittern, aber nur in sehr geringen Mengen. In gewöhnlicher Luft und auch in Waldluft kommt es nicht vor; was man dafür gehalten hat, ist Wasserstoffsuperoxyd."

140. — 4. **Ein Teil . . . in Ozon über.** Atmospheric oxygen occurs in the form O_2. The phosphorus unites with this to form P_2O_5. Hence some single atoms of oxygen are left free in the air and attach themselves to the O_2 to form ozon, O_3.

10. **entstehen sehen.** Cf. note **126,** 16.

19. **das leichteste Element.** But cf. note **137,** 17.

28. **Wenn es uns gelänge . . . aufzubewahren.** Soap bubbles have played a not unimportant part in the history of physics and chemistry (cf. p. 218. ll. 1 ff.). By using Plateau's solution (p. 219, ll. 1 ff.) it is possible to produce soap bubbles possessing a considerable degree of consistency.

141. — 2. **untersuchten.** What mood? Cf. note **126,** 15.

13. **alle Körper . . . zusammendrückbar.** Another proof for the important fact that matter is discontinuous will be found on p. 240, ll. 22–29.

24. **In dünnen Gasen . . . als in dichten.** But the process is, of

course, reciprocal in that the thinner gas diffuses into the denser at the same time that the reverse process is taking place.

142. — 2. **einem.** Notice that in the gen., dat. and acc. *man* is represented by the corresponding forms of *einer*.

9. **während unserer Betrachtungen.** Only a small part of this discussion could be included. Those interested are referred to Ochs, pp. 18–240.

11. **„Triaden".** As to the meaning of this term cf. the following: "Das Atomgewicht des Broms bildet das arithmetische Mittel zwischen den Atomgewichten des Chlors und des Jods (rund 35, 80, 127). Dieses Verhältnis zwischen den Atomgewichten dreier Elemente werden wir noch öfters antreffen. Man sagt auch häufig: Chlor, Jod und Brom bilden miteinander eine Triade." Ochs, p. 73.

16. **eines jeden.** Observe that *jeder*, contrary to the English usage, is often preceded by the indefinite article. In the genitive the article cannot be omitted when *jeder* is used pronominally, e.g. "every one's" = *eines jeden.*

143. — 8. **Gesetz von Dulong und Petit.** The practical value of this law for the chemist is indicated in the following statement: "Man hat das Gesetz von der Atomwärme zur gegenseitigen Kontrolle der Zahlen, die für die specifischen Wärmen und Atomgewichte durch Versuche gefunden worden sind, mit Erfolg angewendet." Brockhaus, art. "Dulong-Petitsches Gesetz."

16. **Mendelejeff** and **Meyer** were not collaborators, as might appear from the statement in the text, but reached their results independently. Meyer died in 1895 as professor of chemistry at the University of Tübingen, Mendelejeff in 1907 as professor emeritus of the University of St. Petersburg.

19. **das periodische System der Elemente.** Shown in tabular form in Ochs, p. 242, and with additions and improvements *ibid.* pp. 244–245.

144. — 18. **Ekasilicium.** *Eka* is the Sanskrit numeral *one.* It was used as a prefix by Mendelejeff to indicate that the hypothetical element stood in the same group with and next to the element whose name forms the second part of the compound.

19. **Als es entdeckt wurde,** in the year 1883 by Clemens Winkler (1838–1904) as a constituent of the mineral argyrodite.

145. — 4. **Errechnung . . . des unbekannten Planeten Neptun.** For an account of this remarkable achievement (for which, however, the Englishman Adams deserves equal credit) cf. art. "Neptun" in Brockhaus or Meyer.

9. **Beide Elemente wurden entdeckt,** Gallium in 1875 by the French chemist Lecoq de Boisbaudran as a constituent of zinc-blende, and

Scandium in 1879 by the Swedish chemist Nilson as a constituent of the mineral euxenite.

22. **hätten, wären** (l. 28) and **unterschieden** (l. 30) are potential subjunctives of softened statement. In each case the conditional clause is suppressed but can be supplied in the form "if our theory is correct."

146. — 3. **herstellen,** inf., dependent upon *können* in the following line. As to the colon after *Wort* cf. note **121,** 12.

8. **ließen.** What mood? Cf. note **145,** 22, and as to the preceding infinitive note **68,** 15.

23. **Daß die Teilbarkeit . . . eine Grenze erreicht.** In other words, infinite divisibility is a mental concept which does not necessarily correspond with objective reality. Consider the following statement by Kant (*Kritik der reinen Vernunft*, Reclam, p. 423): "Die Teilbarkeit [eines Körpers] gründet sich auf die Teilbarkeit des Raumes [which is also a subjective intuition], der die Möglichkeit des Körpers als eines ausgedehnten Ganzen ausmacht. Dieser [der Körper] ist also ins Unendliche teilbar, ohne doch darum aus unendlich viel Teilen zu bestehen."

147. — 10. **Andere Versuche.** These experiments and calculations are too interesting to be overlooked. Cf. art. "Moleküle" in Brockhaus or Meyer. It has been estimated that a cubic centimeter of air, under ordinary pressure and at 0° C., contains 21 trillion molecules which, if spread out in a single layer, would cover a surface of 1.7 square meters.

20. **wir fassen das Licht auf als Schwingungen,** etc. For the discussion and proof of this hypothesis cf. p. 224, ll. 22 ff.

148. — 2. **der Spektralapparat.** Various forms of the spectroscope and the spectrometer are shown on the plates to art. "Spektralanalyse" in Meyer.

16. **Röntgenstrahlen.** Cf. this art. in Brockhaus or Meyer. Wilhelm Konrad Röntgen (1845–) is professor of physics at the University of Munich. He received in 1900 one of the Nobel prizes in recognition of his important discoveries in physics. See his likeness in Meyer, art. "Physiker," Plate II.

17. **Becquerel, Antoine Henri** (1852–), professor at the École Polytechnique in Paris, son and grandson of distinguished physicists and himself one of the most eminent living scientists.

27. **den Namen Radium,** from the Lat. *radiare*, "sparkle," "emit rays." In explanation of the names Germanium, Gallium and Skandium, mentioned on pp. 144, 145, it is only necessary to remind the reader of the fact that the first of these elements was discovered by a German, the second by a French and the third by a Scandinavian chemist.

149. — 6. **Ionen.** As to the nature and behavior of the ions cf. Ochs p. 43. Cf. also note **199,** 30.

14. **hält . . . über das Gefäß.** Why the acc.? Cf. note **135,** 4.

29. $\frac{1}{20}$ **der Lichtgeschwindigkeit.** What would this be expressed in kilometers or miles? Cf. p. 230, l. 5.

31. **„Kathodenstrahlen",** described under this heading in Brockhaus and Meyer.

150. — 1. $\frac{1}{2000}$ **der Masse eines Wasserstoffatoms.** This calculation was made by Sir William Thomson (note **60,** 21) and is based upon a consideration of the inertia of the electrons. Cf. the reference given under note **199,** 30.

23. **Holz, Metall usw.** While these bodies differ widely among themselves as conductors of electricity they show no such differences in their capacity for becoming radioactive through induction. "An freier Luft verlieren induziert aktive Körper anfangs schnell, dann langsamer ihre Radioaktivität. Die Schnelligkeit des Verlustes ist mit wenigen Ausnahmen unabhängig von der Beschaffenheit des induzierten Körpers, aber eine charakteristische Eigenschaft der aktivierenden Substanz." Brockhaus, art. "Radioaktivität."

32. **die Edelgase Argon, Helium usw.** "Man nennt sie ‚edel', ähnlich wie man auch von edeln Metallen spricht, und zwar deshalb, weil diese Gase den Gasgesetzen in besonders vollkommener Weise gehorchen. In chemischer Hinsicht zeigt sich Argon z. B. höchst indifferent und reagiert es mit keinem der gewöhnlichen Körper." Ochs, p. 32. The use of the word *noble* in this sense is of popular rather than scientific origin and the "indifference" of the noble metals, etc. (cf. *Edelsteine*) is to be understood as superiority or resistance to contamination.

151. — 14. **Ramsay, Sir William** (1852–), professor of chemistry in University College, London. His investigations have resulted in the discovery of a number of the rarer gases (argon, helium, etc.) found in small quantities in the atmosphere.

19. **Erlaubt sie uns doch.** Emphatic assertive sentences often employ the interrogative or inverted order, accompanied usually by the adverb *doch*. It may be surmised also that authors often use this order to avoid monotony of style rather than from any especial desire for emphasis. Read this sentence in the normal order in connection with the preceding and the following sentences and the point of this remark will become clear.

20. **Der uralte Traum der Alchymisten.** The beginnings of alchemy are hardly so remote as the adj. *uralt* would lead one to suppose, nor did the original alchemists lack what appeared to be a substantial basis, for their belief. Cf. the following statement (Meyer, art. "Alchemie"): "Die Entstehung der Alchemie ist wohl in die Zeit zurückzudatieren

als bei den Phönikern die Metallbearbeitung in Blüte stand. Da man die Gewinnung der Metalle aus den Erzen nicht als eine Abscheidung aus diesen, sondern als eine Umwandlung derselben in Metalle betrachtete, wurde man auf den Gedanken geführt, auch das Gold durch Umwandlung irgend eines Körpers zu erzeugen."

152. — 4. **Polonium.** Mme. Curie is a native of Warsaw, the old capital of Poland (cf. note **148,** 27).

13. **Aktinium.** It is very doubtful whether this substance is a simple chemical element as the form of the name suggests (cf. Calcium, Kalium, etc.). Cf. art. "Aktinium" in Brockhaus.

20. **Halbierungskonstante,** *half-period of transformation* or *period of emanation.* Notice that the time required for the radioactivity of any product to sink to one half of its original intensity is not one half of the time required for the total disappearance of the same. In other words, the intensity of the radiation decreases in a geometrical and not in an arithmetical progression with the time. The radioactive constant, which has a definite value for each type of matter, really represents the fraction or percentage of the total number of atoms present which break up per second, and since this constant is usually a very small fraction, it is convenient to distinguish the products by stating the time required for half the matter to be transformed. *Halbierungskonstante* is therefore a representative of the numerous class of scientific terms which are necessarily suggestive rather than fully descriptive.

153. — 2. **es.** Cf. note **137,** 30.

21. **auch.** Observe that this word has other meanings than *also.* One of its functions is to add generalizing force to pronouns and adverbs: So weit . . . auch, *however far;* wo . . . auch, *wherever;* wer . . . auch, *whoever.* Wenn . . . auch, *even if, even though.*

154. — 2. **das Glück des Menschen hängt nicht davon ab,** etc. Upon what then does the happiness of man depend? This question may seem out of place here as being "non-scientific." But this problem with its universal appeal deserves to be treated with the same objectivity and reliance upon careful and repeated observation — as opposed to dogma and preconceived theory — as is characteristic of the painstaking methods of science. The most satisfactory treatment of the subject known to the editor is found in the essays by Carl Hilty published under the collective title *Glück* (Leipzig und Frauenfeld, 1903). Reference is made particularly to the essay entitled "Duplex est beatitudo."

8. **die gleiche Kraft . . . zusammenhält.** This statement would perhaps be in closer accord with the teachings of modern science if reversed. We have a considerable body of information concerning the force or forces that play about the atom (see reference under note **199,**

30), and while the same force is probably involved in or constitutes the phenomenon of gravitation, this is at present only a matter of speculation.

GEOLOGY

155. — 7. **Abweichungen von der Kugelgestalt.** In addition to the solid deviations, represented by the irregular elevation of the land masses above the level of the sea, may be mentioned the deformation of the sea itself. "Da die frei beweglichen Wasserteilchen unter der anziehenden Wirkung der specifisch schwereren Landmassen in deren Nähe (und in der Nähe der Landmassen unter denselben) höher ansteigen, so ist notwendig die Fläche des Geoids rings um die Kontinente und um Inseln herum höher gelegen als draußen im freien Ocean. Diese Abweichungen scheinen übrigens gering zu sein und 250 m nirgends zu überschreiten." Brockhaus, art. "Geoid."

10. **beider Erdachsen,** i.e. the axis of revolution running from pole to pole and a (geometrical) axis passing through the center of the earth at right angles to the former and terminating on the surface of the geoid at sea level.

14. **des Colorado,** masc. gender since the word *Fluß* is understood with it. Cf. note **114,** 12.

16. **2,5 mm.** Read: *zwei und fünf Zehntel Millimeter.* Cf. note **96,** 7.

17. **erschienen,** potential subjunctive of incomplete condition. Cf. note **126,** 15.

18. **die Unterschiede** is here in the plural for the reason that the author has in mind the average elevation of the different continents (Europe 300 m., Asia 880, Africa 660, America 610, Oceania 300), whereas the 700 m. mentioned in the next clause represents the average of these separate averages.

19. **die 700 m . . . aufragen.** As here expressed, this statement is not correct. What is meant is this: die 700 m über der Oberfläche des Meeres — dessen mittlere Tiefe 3500 m beträgt — aufragen. The difference of 0.5 mm. referred to in the next sentence would then represent an actual difference on the earth's surface of 4200 m.

156. — 4. **etwa 200 km hoch.** But see table shown on p. 212 and diagram on p. 213.

9. **28%.** Read: *acht und zwanzig Prozente.* Observe that the noun appears in the plural in German, although the English always uses the singular.

16. **können.** Why the infinitive form? Cf. note **126,** 16.

30. **Die Tuscaroratiefe** takes its name from the U.S.S. *Tuscarora*

which conveyed a party of oceanographers to the northern Pacific in the years 1873–1875 for the purpose of taking soundings preliminary to the laying of a cable to Japan. The Kermadec Islands, in the vicinity of which the "Kermadektiefe", l. 31, is found, are situated in the southern Pacific.

157. — 9. **ein einziges universales Weltmeer.** This view of the globe is shown in the figure "Die Land- und Wasserhalbkugel," Walther, p. 6.

14. **der abflußlosen Gebiete.** Well known examples are the region of the Dead Sea in Asia Minor and the Great Salt Lake region in Utah.

158. — 2. **Bajae,** on the Bay of Naples, once a fashionable resort of wealthy Romans, now only the citadel and a few small houses are occupied.

10. **daß ein Wald . . . besteht.** This conception is of course not incorrect in itself, but in considering the biosphere as one of the strata constituting the earth it is desirable to disregard the individual character of the separate units of which it is composed and to think of it only as consisting of living matter as opposed to the gases of the atmosphere, the minerals and rocks of the lithosphere, the water, ice and snow of the hydrosphere, etc.

18. **Tundra.** Cf. note **106,** 12.

25. **während sie . . . der Erdrinde auf.** According to this statement it would appear that the lithosphere is constantly being augmented at the expense of the atmosphere and the hydrosphere, and this is doubtless true: "Jedes polare Steineis, jede Kalkschicht, jedes Kohlenlager ist ein Stück Atmosphere, das der Lithosphäre zugefügt wurde," Walther, p. 103. But the fact must not be overlooked that the biosphere also contributes various gases to the atmosphere at the expense of the lithosphere. Thus carbon dioxide, to mention only one, is constantly being given off by plants and animals alike.

159. — 10. **das tiefste Bohrloch der Erde . . . in Oberschlesien** "ist in den Jahren 1892–93 niedergebracht worden und hat fast die gesamte oberschlesische Steinkohlenformation mit mehr als 80 Kohlenflözen durchschnitten." Cf. Meyer, art. "Tiefbohrer."

12. **12° C.** Cf. note **38,** 13.

19. **die Pyrosphäre** contains more matter both by weight and by volume than all the other "spheres" combined but is naturally the one of which we have the least direct knowledge. See Frontispiece and description.

29. **das Magma,** not to be confused with Lat. *magna,* as is sometimes done, but from the Greek μάγμα, "a kneaded mass," "salve."

160. — 2. **Die Erdkugel . . . eine harte, starre Masse.** Otherwise we should have, for example, internal tides corresponding with the

tides of the ocean, and greater flattening of the poles than now exists.

11. **lückenlos . . . Lithosphäre.** Which of the other spheres are also *lückenlos*, and which are not?

30. **Daß die Massen . . . nicht gleichmäßig verteilt sind.** On the other hand, the distribution of matter within the earth must be on the whole approximately uniform. Otherwise the earth would always present the same hemisphere to the sun, as does the moon to the earth.

161. — 1. **Pendel-Beobachtungen.** The velocity of oscillation of a pendulum of given length depends chiefly upon the distance of the point of observation from the center of the earth, but is affected also by the character of the local rock masses. An excess of material in the strata beneath the point of observation would result in an acceleration of the movement of the pendulum while a serious defect in the strata would be indicated by a retarded oscillation.

12. **bedingt,** *conditioned* or *affected*, but not, of course, wholly determined. Cf. note **155,** 7.

18. **spez. Gew. = 5–6,** i.e. so constructed that its specific gravity lies between 5 and 6 (spec. grav. of iron = 7.8). Projectiles of lesser weight would lack the necessary momentum and penetrative power.

19. **dürfte,** *would probably.* Cf. note **41,** 26.

21. **dessen,** *its*, referring to *Erdkern*. To avoid ambiguity *dessen* is often used as a substitute for the declined forms of *sein*, the former referring to an oblique case and the latter to the subject nominative.

162. — 18. **der** agreees with *Massenbewegungen*. If the construction is not clear, cf. note **33,** 11.

24. **Schutt.** Fig. 15 shows an accumulation of such detritus still lying close to its place of origin.

30. **Durch sie . . . verkürzt.** But this radius is naturally one which is longer, in most cases at least, than the normal radius so that the general effect of erosion is to produce a sphere of uniform diameter.

163. — 13. **die** is the object of *nennen* in l. 15. As to the colons which appear to interrupt the construction cf. note **121,** 12.

27. **eine Sandsteinablagerung von 4000 m Mächtigkeit.** The author has in mind the well known Old and New Red Sandstones found in Scotland, Scandinavia, Canada and elsewhere. "Schon den ältesten englischen Geologen war die Verbreitung roter Sandsteine mit einer Mächtigkeit bis 5000 m im Norden der britischen Inseln aufgefallen, und es bedeutete einen großen Fortschritt, als man lernte, daß ein Teil dieser mächtigen Ablagerungen u n t e r den Steinkohlen, ein anderer ü b e r denselben gelagert war. Man unterschied jene als Oldred-Sandstones von dem New red." Walther, p. 255.

30. **wandert . . . in die Tiefe.** Illustrations of this process are nu-

merous even for historical times. Ancient cities (Troy, Nineveh, etc.) must be excavated to become accessible. The weapons, implements and bones of ancient and prehistoric races are usually found at a greater or lesser depth beneath the surface. The Piltdown skull (note **11**, 2) was unearthed beneath four or five feet of gravel and soil, and the Heidelberg mandible (Fig. 2) was found under a deposit of sand seventy feet or more in thickness.

164. — 9. **längere,** *rather long, considerable.* Cf. note **98**, 7.

23. **tiefgreifende Veränderungen.** These radical transformations are due not alone to the causes mentioned. Of equal or greater importance is the immense pressure which obtains at these depths.

30. **In diesem Gebiete nahe der Pyrosphäre.** "Hier sind Temperatur und hydrostatischer Druck sehr hoch, der Wassergehalt neu gebildeter Mineralien ist gering, ihr Molekularvolumen bedeutend. Eigentümlich ist dieser Zone die Bildung von Orthoklas, Biotit, Augit, Olivin, Granat, Magnetit, Ilmenit etc." Walther, p. 180.

165. — 21. **Infolge der Kugelgestalt . . . viel weniger wirken.** For a more complete statement of the reasons for the diminution of the sun's heat toward the poles see p. 176, ll. 27–31 and note.

29. **eine Temperatur von −200°,** i.e. a temperature the same as that of interstellar space which is believed to be somewhat higher than the absolute zero of temperature (the point at which all molecular motion would cease, computed to be at −273°). A condition approximating that suggested in the text (*wenn wir die Sonnenstrahlen abblenden könnten*) actually prevails upon the moon during its long night, since the moon possesses little or no atmosphere capable of retaining the heat of the sun. "Wir wissen jetzt mit Bestimmtheit, daß schon vor Sonnenuntergang die Temperatur dort unter den Gefrierpunkt sinkt, und während der langen Nacht der Mondboden bis zu 150, ja vielleicht 200 Grad unter Null erkaltet." Klein, p. 172.

31. **an den Kältepolen.** Cf. p. 94, ll. 30–31 and note.

166. — 6. **So schützt die Atmosphäre unseren Planeten,** etc. The atmosphere serves as a protection not only against the intense cold of interstellar space, but also against the destructive heat of the sun by day. Owing to the absence of an atmosphere upon the moon we find that "während des Mondtages die Durchschnittstemperatur merklich über dem Gefrierpunkte des Wassers liegt und im Maximum bis über den Siedepunkt des letztern steigt." Klein, p. 172.

18. **die mächtigsten Winde . . . von NW. nach SO.** These are the upper or antitrade-winds (*Gegenpassate*). The lower trade-winds blow in the opposite direction and appear, therefore, in the northern hemisphere as northeast in the southern hemisphere as southeast winds.

21. **überträgt sich . . . auf das Wasser.** This, however, is not the only, nor indeed the main cause of ocean currents. Like the atmosphere the hydrosphere also has its general system of circulation as is suggested, though not fully developed in the following paragraph.

31. **eine Wasserschicht von etwa 400 m . . . erwärmt,** or about one ninth of the average depth of the ocean. This stratum, however, is of much greater depth than the corresponding stratum of the continents. "Die Tiefe, bis zu der Frost eindringen kann (untere Frostgrenze), beträgt in Deutschland etwa 1 m bei schneefrei gehaltenem, nacktem Boden. Der Eisboden in Sibirien reicht vermutlich etwa 100 m tief (Jakulsk) und taut im Sommer bis auf 1 m Tiefe auf." Meyer, art. "Bodentemperatur." Observations taken at Potsdam show that at a depth of 12 m. there is a difference between the winter and summer temperature of only one half degree, and of the two the winter temperature is the higher.

167. — 2. **die Bodentemperaturen . . . bestimmt.** The importance of this fact for the geologist can be seen from the following statement: "Bekanntlich sammelt sich am Boden eines tiefen, in sich abgeschlossenen Wasserbeckens das kälteste und schwerste Wasser, und so können wir an der Temperatur des Bodenwassers wie an einem Minimalthermometer ohne weiteres ablesen, welche tiefste Wintertemperatur in dem Klimagebiet des betreffenden Beckens seit seiner topographischen Anlage geherrscht hat." Walther, p. 498.

16. **bald,** correlative with *bald* in the following line. Cf. note **117,** 12.

28. **einstmals,** namely in the older tertiary and in the cretaceous age (note **4,** 3). "Wir müssen uns darüber klar werden, daß während der Kreideperiode ein gleichmäßig warmes Klima vom Äquator bis zu den höchsten polaren Breiten herrschte. Noch im Oligozän gediehen Palmen und Brotfruchtbäume in Gebieten, wo sich später immer wachsende Schneemassen anhäuften." Walther, p. 454.

30. **in einer späteren Periode,** namely in the glacial age (*Diluvium*). Cf. note **4,** 3.

31. **Solnhofen,** a village in Bavaria on the Altmühl, a tributary of the Danube, well known since the time of the Romans for its quarries of fine-grained lithographic stone.

168. — 10. **Alca impennis,** *great auk.* See Brockhaus, art. "Schwimmvögel," Plate I.

13. **Büffeln.** Most readers will probably be surprised to learn that the European counterpart of the American buffalo still exists in the wild state. Cf. note **23,** 3.

25. **die riesenhohen Ketten . . . der Erde.** The older mountain ranges, having been subjected to the process of erosion for a longer period than those of more recent formation, are as a rule inferior to the

latter in height and general ruggedness. Thus the Rocky Mts. are of greater elevation but younger than the Appalachians, the Alps than the Harz Mts. etc.

31. **daß der Tag . . . vier Stunden lang war.** This statement (based upon investigations and calculations made by G. H. Darwin) can hardly be regarded as yet as an absolutely established fact. Cf., however, Klein, p. 207, ll. 12 ff.

169. — 11. **Pyrosphäre und Atmosphäre . . . eine untrennbare Einheit.** A like condition still prevails on the sun. Cf. p. 44, ll. 21 ff. and p. 46, ll. 24 ff.

12. **Diese heiße Uratmosphäre.** In addition to the characteristics mentioned in the text the following is of especial interest: "Das Wasser des Ozeans gleichmäßig auf der Erdoberfläche verteilt würde ein rund 2000 tiefes Weltmeer bilden. Und da je 10 m Wasser das Gewicht einer Atmosphäre darstellen, so müßte die Uratmosphäre, in der noch alles flüssige Wasser dampfförmig enthalten war, überall einen Druck von rund 200 Atmosphären ausgeübt haben. Bei solchem Atmosphärendruck muß der Siedepunkt des Wassers 375° C betragen haben. Dies war also die höchste Temperatur, bei der damals flüssiges Wasser existieren konnte. Erst als die sinkende Temperatur der Uratmosphäre 400° überschritten hatte, konnte das flüssige Wasser als Regen niederfallen." Walther, p. 66.

31. **geologische Tatsachen, die . . . hindeuten.** These phenomena are to be sought not at the poles themselves, but in the equatorial regions. For since the plane of the equator remains normal to the earth's axis a relatively slight displacement of the poles is sufficient to cause a considerable change in the relative position of the tropical regions and the adjacent subtropical and temperate zones with corresponding changes of fauna and flora. "Das System der sieben Klimagebiete, ihre Beziehungen und ihre Kontraste werden dadurch in keiner Weise beeinflußt, aber der Äquator schneidet andere Länder und die Wüsten bedecken vorher niederschlagsreichere Gebiete." Walther, p. 104.

170. — 2. **Polverschiebung.** Cf. the chart "Die Wanderungen des Nordpols," Walther, p. 28.

11. **Meteorstaub und Meteorsteine.** The amount of material thus added to the earth is very considerable though it would be difficult to form an estimate even for the regions where direct observation is possible. Cf. art. "Meteorsteine" in Brockhaus from which the following is taken: "Das Meteoreisen von Sta. Catharina in Brasilien wiegt 2250 kg, eine andere am Flusse Bendego in Brasilien gefundene Eisenmasse 5360 kg. Große derartige Eisenmassen von 10, 12 bis 50 t wurden an verschiedenen Stellen Mexikos gefunden. Das 1818 von Kapitän Ross in der Melville-Bai, Grönland, gefundene Meteoreisen

wurde 1897 vom Polarforscher Peary nach Neuyork gebracht und wiegt ungefähr 40–45 t." Residents of New York City and visitors are urged to inspect the last mentioned meteorite (in the American Museum of Natural History, 77th Street and Central Park West).

28. **jene,** *the former*, i.e. die äußeren Hüllen. Of these outer envelopes it is the hydrosphere on which the influence of the moon is most noticeable, while atmospheric disturbances are due chiefly to the action of the sun.

171. — 5. **Hutton, James** (1726–1797), the well known Scotch geologist, originator of the so-called plutonic theory, according to which all non-stratified crystalline rocks without exception have emerged at some early time in geological history in a molten condition from the interior of the earth. His theory was combated by the Neptunists, chief among them the German geologist Werner, who contended for the sedimentary or aqueous origin of the great majority of rocks.

17. **die Havel.** See map of northern Germany. Cf. also note **114,** 12.

18. **Hoff, Karl Ernst Adolf von** (1771–1837), a German geologist and mineralogist, and a distinguished public official in the duchy of Gotha. The work referred to in the following sentence is his *Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche* (5 Bde. Berlin 1822–1841).

24. **ontologische Methode.** Ontology (Greek ὄντα, *existing things*) is defined as the science which investigates the nature of unknown being from its known manifestations. While the ontological method is now common to all sciences, it is particularly valuable in geology, which is so largely an historical study. Before the introduction of this method geology had been dogmatic and speculative.

29. **Lyell, Sir Charles** (1797–1875), studied law at Oxford, but soon devoted himself exclusively to geological studies. He was for many years secretary of the Geological Society in London and professor of geology in King's College. His *Principles of Geology* (3 vols. London 1830–1833) mark the beginning of a new epoch in this science.

172. — 7. **Cuvier, Georges Chrêtien, Baron** (1769–1832), one of the most distinguished of French scientists. See the life of this remarkable man in Brockhaus or Meyer. While Cuvier failed to apply the ontological method to geological history as a whole he employed it with eminent success in the study of extinct animal forms and is regarded as the founder of comparative anatomy and osteology.

19. **Zeiten, in denen . . . sich rasch wandelten.** As an illustration consider the revolutionary effect produced by one of the so-called transgressions of the sea: "Bald beginnt das Meer wieder nach Norden und Süden vorwärtszudringen, und die mittlere Kreidezeit, das sog. Cenoman [note **4,** 3], ist dadurch ausgezeichnet, daß das Meer jetzt

wieder bis Dänemark, Ostpreußen und Kasan reicht, so daß nur Schottland, Skandinavien und Nordrußland Festland bleiben. Auch nach Süden dringt es bis in das Herz der Sahara hinein, schreitet weit nach Innerasien vor und überschwemmt auf der westlichen Halbkugel einen großen Teil von Nord- und Südamerika." Walther, p. 436.

26. **in einem verhältnismäßig kurzen Zeitraume.** Such a period occurred, for example, at the end of the mesozoic age when the fauna then existing died out on so great a scale and so rapidly as to give rise to the expression *Das grosse Sterben.* "So begegnet uns gegen Ende der Kreideperiode überall eine Tatsache, welche in der ganzen Erdgeschichte einzigartig dasteht: das Aussterben zahlreicher Ordnungen, Familien, Gattungen und Arten und das Neuauftreten der Fauna, welche die heutigen Meere bewohnt." Walther, p. 448.

173. — 4. **ein Stern.** It is not customary to use the word *star* in English except as the designation for a celestial body which appears as a luminous point. The German *Stern* may be used to include any heavenly body.

21. **glitten.** What mood? Cf. note **40,** 16.

25. **Herniederprasseln.** The word is perhaps not well chosen since the temperature upon a celestial body under the conditions described would stand at or near the absolute zero (note **165,** 29). Hence there could be no atmosphere and accordingly no medium for the transmission of sound.

174. — 5. **bei einer Überschwemmung . . . umkam.** The reference is to an outbreak of the Hwang Ho which occurred in the year 1887. "The stream poured itself over the level and fertile country to the southwards, sweeping whole villages before it, and converting the plain into one vast lake. The area affected was not less than 50,000 sq. m. and the loss of life was computed at over one million." Encyc. Brit., art. "Hwang Ho."

9. **Flims,** a village in the Canton of Graubünden (Grisons on French and many English maps), eastern Switzerland.

22. **Fig. 14.** This erratic boulder (located near Wickford, Rhode Island) will give one some idea of the immense power exercised by a glacier as a transporting agent.

23. **Samum,** "(von dem arabischen Worte Samm, d. h. Gift), der gewöhnliche Wüstensturm in Arabien, Syrien und dem nordwestlichen Indien, entsteht auf den brennenden Sandwüsten der genannten Länder und weht in den benachbarten Kulturstrichen fast immer von der Wüste her. Man hat Temperaturen bis zu 56° C beobachtet. Durch seine große Hitze und Trockenheit tötet er bisweilen die von ihm überraschten Menschen und Tiere in kurzer Zeit." Brockhaus, art. "Samum."

27. **zu 100 m hohen Lößlagern.** According to the investigations of von Richthofen (F. von Richthofen, *China*, Berlin 1877) the loess deposits attain in China a maximum depth of 700 m. Not all deposits, however, which bear the name of loess are due to the action of the wind.

175. — 2. **einen großen Baum . . . zu erheben.** The weight during the growing season of the largest trees, such as the Sequoia, Douglas fir, etc. must amount to many tons, but reliable estimates are not available. Cf. note **95,** 18.

176. — 6. **eine Folge des Sonnenlichtes.** But not of this alone. The heat of the sun, transmitted through waves of greater length than the light waves, is equally important. Cf. p. 93, ll. 10 ff.

14. **die Zenith- und die Nadirflut.** The former occurs (theoretically) for any given point on the surface of the ocean when the moon stands in the zenith, or at its maximum elevation in the sky in respect to this point (actually, however, the tides for various reasons always lag behind the apparent movement of the moon). The nadir-tide occurs at the same moment on the opposite side of the earth (180° to the east or west). These should not be confused with high and low tide. They are both high tides, the low tides alternating with them twice daily.

29. **während sie . . . entfalten können,** for the reason that heat rays, as well as light rays, are absorbed more completely when they fall vertically upon a surface than when they fall obliquely. An equally important cause for the intensity of the heat of the sun at the equator as compared with higher latitudes has already been mentioned (p. 165, ll. 19 ff.).

177. — **Fig. 15,** from a photograph taken in Ventura County, California, in 1912. Cf. Introduction, p. xi.

178. — 10. **die kristallinischen Schiefer** "bestehen in der Regel aus durchaus kristallinischen, meist grobkörnigen Felsarten und enthalten keine Fossilien. Selten liegen sie horizontal, meist sind sie gefaltet. Sie sind durch Vergneisung aus anderen Gesteinen entstanden." Walther, pp. 174, 177. These crystalline schists are not naturally subject to folding more than any other kind of rock. But since they are for the most part of very great age they have been exposed to endogenic forces for a longer period than more recent formations, and the same forces which caused their crystallization (heat, pressure, etc.) doubtless also caused or were accompanied by folding.

15. **Bänke und Decken,** *benches and* (stratified) *beds*. The former are the outcroppings of the latter, appearing as natural terraces in river valleys, along the walls of eroded basins, etc.

31. **eisig kalt.** As to the degree of cold cf. note **165,** 29.

179. — 1. **Temperaturen von −60°.** One must not assume, however,

that the temperature continues to drop with equal rapidity at greater elevations. Cf. diagram on p. 188.

11. **dass unsere Erde . . . Wärme verliert.** According to the principle of the conservation of energy (p. 39, l. 14 and note) this heat cannot be lost. Presumably it is taken up in part by other heavenly bodies. Conversely the earth receives heat from other sources than the sun. Thus the amount of lunar heat received by the earth is estimated at $\frac{1}{185,000}$ of the earth's solar heat.

15. **Ritter, August** (1826–), professor of engineering at the Technische Hochschule in Aachen. The discussion in question is found in his *Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische Probleme* (Leipzig 1882).

24. **Mofetten** are described as "Ausströmungen von Kohlensäure aus Spalten vulkanischer Territorien (Hundsgrotte bei Neapel, viele Punkte der Eifel und der Gegend von Laach)." Brockhaus.

180. — 4. **Transgression.** As to the extent of one of the most remarkable of these transgressions cf. note **172,** 21.

14. **Veränderungen des Salzgehaltes,** since such changes would bring about a marked difference in the character of the marine and litoral fauna and flora. Cf. the following statement: "Die Ursachen einer solchen scheinbaren Transgression brauchen keineswegs im Ozean zu liegen, sondern sind durch eine Klimaänderung des Festlandes bedingt. Wenn z. B. ein neu entstehendes Küstengebirge die in das Becken mündenden Flüsse abdrängt, wird sofort der Salzgehalt des Mündungsgebietes der Flüsse geändert und die normal gesalzenen Gewässer des Ozeans bespülen die Küste; mit ihnen erscheint eine marine Tiergenossenschaft und im Profil schen wir eine neue Fauna." Walther, p. 158.

181. — 1. **Oszillation der Strandlinie.** This is due, in many cases to the previously mentioned *Sedimentbildung.* The deposit of a considerable body of sediment in the sea would tend to raise the sea-level in general at the expense of the dry land, while locally it might add to the land surface through the formation of sand-bars, deltas and the like. It should be noted that many of the phenomena here listed in relation to a single geological force (ll. 1–19) occur really as the result of two or more forces working together, and might therefore appear under two or more heads. Thus we have an "Oszillation der Strandlinie" also as a result of the "Transgressionen und Regressionen" mentioned in l. 16. The tides are due to the "Schwerkraft der Erde" as well as to the "Anziehung von Sonne und Mond." "Organisches Leben" is dependent upon the "Wärmestrahlen" as well as the "Lichtstrahlen der Sonne," etc.

12. **Leitfossilien.** See reference given under note **6,** 13.

15. **plutonische Herde.** Herd = *hearth, fire-side, abode,* hence *seat* or *center of activity.* The expression may therefore be translated as *plutonic centers* or *craters,* without implying, however, that the magma has necessarily reached the surface of the lithosphere. As to the exact significance of "plutonic" consider the following statement: "Man pflegt die eruptiven Vorgänge in zwei Gruppen zu teilen, indem man die sich innerhalb der Erdkruste abspielenden Erscheinungen als plutonisch und die über der Lithosphäre auftretenden Phänomene als vulkanisch bezeichnet." Walther, p. 110.

23. **daß auch . . . keine andere Kräfte tätig waren.** It is such statements as these that have led some to assume that there is an actual conflict between science and religion, or between science and philosophy, implying as they do that there has been in the whole history of the earth no supernatural interference with natural processes. It is interesting, however, to note that at least some modern philosophical thinkers are of the opinion that "the constancy of nature is the one most important argument for theism which can be produced. That the ground is firm under our feet, that water slakes and fire burns, that bodies gravitate, that the sun rises and sets and the seasons recur — that nature, in short, is without shadow of turning — this is the one condition on which life can be good." Wilm, *Henri Bergson, A Study in Radical Evolution.*

METEOROLOGY

182. — 1. **gegenwärtig.** See Table of Contents for date of publication of this article.

3. **Ihr Name . . . ganz vor kurzem geprägt worden.** Previously the more cumbersome term *Wissenschaftliche Luftschifffahrt* had been employed. The introduction of automatic balloons and the box kite (Fig. 16) inaugurated a new era in the science and at the same time rendered the older designation inappropriate. The new name was recommended for international use by Wladimir Köppen, director of the Meteorological Station at Hamburg-Großborstel, in 1906.

6. **geht . . . darauf aus.** See Vocabulary under **ausgehen.**

9. **Profil** is used here as in geology to designate a vertical section or longitudinal side view of superimposed strata.

183. — 1. **die Aßmannschen Gummiballone** are one of the numerous inventions of Richard Aßmann (1845–), director of the Königliches Aeronautisches Observatorium Lindenberg. "Er erfand zahlreiche Hilfsmittel zur modernen wissenschaftlichen Luftschiffahrt (Meteorographen, Gummiballone etc.) und wurde dadurch deren Organisator." Meyer.

9. **es sind dies.** Cf. note **104,** 31.

10. **Berliner.** Indeclinable adjectives in *-er* (the ending of the genitive plural) are formed from many names of cities and from some names of countries: *Tiroler*, *Schweizer*, etc. These forms, however, are never used as predicate adjectives.

11. **Die Ergebnisse . . . herausgegeben worden,** under the title R. Aßmann und A. Berson, *Wissenschaftliche Luftfahrten* (Braunschweig 1900).

16. **in bezug auf,** *with respect to.* Although *Bezug* is really a substantive it is becoming the practice to print the word in this prepositional phrase with a small letter.

18. **Süring, Reinhard Joachim** (1866–), director of the Meteorologisches Observatorium Potsdam. The editor is indebted to Dr. Süring for the original photographs reproduced in Figs. 20 and 22.

19. **10.800 m,** or approximately 11 km. (6.8 English miles). Since oxygen remains as a constituent of the atmosphere up to a height of 80 km. it is probably not the insufficient supply of this element alone which makes conditions at these great elevations unendurable for the human organism. As to contributory causes cf. art. "Bergkrankheit" in Brockhaus or Meyer. In regard to the use of the period with numerals cf. note **8,** 1.

26. **nach wie vor.** Cf. note **86,** 20.

184. — 2. **Mount Weather-Observatorium,** situated in Clarke and Loudoun counties, Virginia. The photograph shown in Fig. 16 was taken at this station.

13. **7 Drachen.** Only the topmost kite is provided with recording instruments. The others are attached at intervals of about 1500 m. to take up the weight of the wire. These kites being rather fragile are carefully stored away when not in use. Hence when in active service they are said to be "draußen".

185. — 2. **20 m³.** Read: *zwanzig Kubikmeter.*

7. **was** is used as a relative pronoun (instead of *der* or *welcher* which refer to definite objects) when the antecedent is an indefinite neuter pronoun, a neuter adjective used as a substantive or the thought contained in a preceding clause or sentence.

28. **Haarbündel.** Hair which has been treated with ether to remove the fat is very sensitive to moisture, lengthening as the humidity increases and shortening as it diminishes. Various forms of the hair-hygrometer are described in art. "Hygrometer" in Meyer, art. "Haar-hygrometer" in Brockhaus.

29. **im Innern der halben Röhre.** The hair is suspended in half of a longitudinally bisected tube in order that it may be exposed to the air and at the same time protected from injury.

186. — 3. **je nach.** Cf. note **116,** 30.

7. **bei.** Cf. note **206,** 11.

15. **durch die Beobachtung nachgewiesen.** "Im Jahre 1648 beobachtete Perrier auf Anregung von Descartes, daß das Quecksilber in einem Barometer auf dem Gipfel des 1465 m hohen Puy de Dôme um 8 cm niedriger stand als am Fuß des Berges (470 m ü. M.); durch diese Beobachtung war der Druck der Luft klar erwiesen," Meyer, art. "Barometer."

187. — 3. **Thomson.** Cf. note **60,** 21.

7. **1°,** i.e. one degree centigrade (note **38,** 13). Read: *einen Grad.*

17. **Konvektion.** Convection (cf. convey) is used to indicate the transference of heat through the change of position of the heated body or medium. It is to be distinguished, therefore, from conduction or heat transmission.

18. **Helmholtz.** Cf. note **207,** 12.

19. **Bezold, Wilhelm von** (1837–1907), one of the most eminent German meteorologists, and at the time of his death professor at the University of Berlin and director of the Königliches Preußisches Meteorologisches Institut.

189. — 4. **diese letztere Verstärkung des Gefälles,** shown in the figure by the slight bend in the line at the point corresponding to an elevation of ½ km.

10. **die . . . vertikale Durchmischung dieser Schichten.** The air in passing over the surface of the earth, whether as the result of the earth's rotation or as wind produced by the heat of the sun, is torn by various projecting objects — mountains, forests, buildings, etc. — in the lee of which a semi-vacuum is formed. The cooler air of the upper strata is thus forced downwards with the result that the intermixture of the upper and lower strata is thereby accelerated. If the explanation suggested is correct the decrease of temperature in the lowest strata should be less rapid over the ocean or over great stretches of level plains than over surfaces presenting greater irregularities. Cf. note **95,** 18.

18. **Die wirkliche Zustandskurve ist viel steiler.** To make this clear to the eye draw a line (the "Gerade" mentioned in l. 17) from the point +10° to a point between 9 and 10 on the kilometer scale (Fig. 18).

27. **der „Taupunkt" . . . die Wolkenbildung.** That clouds are nothing more than celestial dew is a fact which though sufficiently evident is not generally recognized. Doubtless for the reason that the objects upon which the moisture of the air condenses are visible only in the case of terrestrial dew. As to the centers of condensation in the atmosphere cf. p. 204, ll. 5 ff.

29. **jede.** *Jeder*, like the English *every*, is not used with a plural substantive except distributively, i.e. when the objects referred to are

not thought of individually but as forming a single group. Cf. note **103**, 2.

190. — 2. **In der Hauptwolkenzone.** As to the actual elevation of the various cloud zones cf. p. 205, ll. 8 ff.

4. **in größeren Höhen . . . nähern,** since at these heights there would be less moisture to be condensed, and at the same time the condensation would become increasingly difficult on account of the rarified condition of the air.

9. **0.8°.** "Wir müssen berücksichtigen, daß im Durchschnitt immer ebenso viel Luft herabsinken muß (ohne Wolkenbildung), wie aufsteigt, so daß im Mittel in der Hauptwolkenzone $\frac{0{\cdot}6 + 1{\cdot}0}{2} = 0{\cdot}8°$ pro 100 m zu erwarten wären." Wegener, p. 9.

24. **verwaschen,** *blurred, indistinct.* The same rise in temperature is of course observable when the plane of separation between the strata is more sharply defined. In this case, however, the term *Reversion* would have been more appropriate than *Inversion.*

191. — 2. **wenn auch.** Cf. note **153**, 21.

6. **dürfte.** Cf. note **41**, 26.

17. **Ganz oben . . . Windgeschwindigkeit.** The numbers immediately below this line, 9^h 46, etc., indicate the time intervals. *h* is the abbreviation for Lat. *hora.*

24. **Das horizontale Anfangsstück.** Inspection of the figure will show that this part of the line is not perfectly straight. The fluctuations probably represent slight changes in the air pressure at the surface of the earth, due perhaps to irregular winds or to slight differences of elevation as the kite was lifted from or set down upon the ground.

193. — 25. **Über das Wesen . . . im Dunklen.** Cf. note **95**, 18 and consider also the following statement: "The great difficulties inherent to meteorology should stimulate the devotion of the highest talent to the progress of this branch of science. The practical value of weather predictions justifies the expenditure of money and labour in order to improve them in every detail." Encyc. Brit., art. "Meteorology."

29. **Köppen.** Cf. note **182**, 3.

194. — 10. **Wolkenoberflächen, Schichtgrenzen.** The connection between the two is perhaps even more intimate than is here suggested. Consider the following theory: Nehmen wir an, daß die Wolkenbildung sich nicht nach schon vorhandenen Schichtgrenzen richtet, sondern daß umgekehrt die Schichtgrenzen von der Wolkenbildung abhängen. Die Wolken müssen nämlich einen Teil der auf sie fallenden Sonnenwärme absorbieren, um dieselbe dann wieder nach oben auszustrahlen. Auf diese Weise wird die Temperatur der Luft in der nächsten Nähe der Wolkenoberfläche erhöht. Selbst wenn keine Wolken vorhanden sind,

müssen die untersten Luftschichten ein größeres Quantum Sonnenwärme absorbieren und wieder abgeben als die weniger dichten Hochschichten. Beobachtungen der Luftverhältnisse in Trockengebieten, wo der Himmel oft tagelang wolkenlos bleibt, würden hierbei von großem Interesse sein.

13. **wären.** Cf. note **41,** 26.

16. **mittleren.** Cf. note **3,** 13.

26. **Troposphäre,** from the Greek τροπή, a *turning, change*, etc. (cf. tropics, tropical). Although the troposphere contains only a small fraction of the earth's atmosphere measured vertically (about $\frac{1}{15}$ in the temperate zones, assuming that the atmosphere extends to a height of 500 km.) all the changeable phenomena that are grouped together under the term *weather* occur within it.

195. — 10. **+ 180°.** This is an error of inadvertence on the part of the author, discovered too late for correction in the text. What is meant is 180° above the temperature that actually prevails at an elevation of 11 km. In reply to a letter of inquiry Dr. Wegener writes: "Natürlich muß es + 125° statt + 180° heißen (wenn man in 29 km Höhe −55° annimmt). In meinem Buch "Thermodynamik der Atmosphäre" (Leipzig 1911), von welchem die von Ihnen genannte Arbeit einen populären Auszug darstellt, ist diese Berechnung auf Seite 187 richtig dargestellt."

14. **im Zustand des Strahlungsgleichgewichts.** A body is said to be in a state of thermal equilibrium when it is so situated as neither to absorb nor to radiate heat, or when absorption and radiation proceed with equal rapidity. Under such conditions a gas remains at rest in relation to its surroundings although its internal molecular motion is of course maintained.

23. **der . . . Gesamtzirkulation zwischen Pol und Äquator.** Those who have not read the article on Geology are referred to p. 166, ll. 10–20.

28. **Hergesell, Hugo** (1859–), professor of meteorology at the University of Strassburg, director of the Weather Bureau for Alsace-Lorraine, president of the International Aeronautical Commission. In company with the Prince of Monaco and others Hergesell has engaged in various expeditions for the purpose of investigating atmospheric conditions in the tropics and in the arctic regions.

196. — 3. **unter 38°**, not *below 38°* in the sense of further to the south (this would be expressed by *unterhalb*), but *in lat. 38°*. Circles of latitude are thought of as passing over the earth, hence points on the earth's surface are spoken of as being under or beneath the circle. Cf. "über Leipzig nach Dresden," *Dresden via Leipzig.*

5. **dem Viktoria-Nyanza,** masculine, in spite of the apparently feminine ending, for the reason that the word *See* is understood. Cf. **map of Central Africa.**

25. **den . . . zyklonischen Luftwirbeln.** These are the well known storm-centers that appear on the daily bulletins issued by the Weather Bureau, the direction and rate of progress of which can be predicted with considerable certainty. As to the distinction between the terms *Klima* (l. 24) and *Wetter* (l. 25) consider the following statement: "Unter Klima versteht man den durchschnittlichen Zustand der Atmosphäre an irgend einem Punkt der Erdoberfläche unter dem Einfluß des Zusammenwirkens aller meteorologischen Erscheinungen, und insofern ist Klima wohl zu unterscheiden von Witterung, dem klimatischen Einzelzustand eines bestimmten Zeitpunktes oder eng begrenzten Zeitraums, so daß man Klima auch als die mittlere oder durchschnittliche Gesamtheit aller Witterungen eines kleinern oder größern Zeitraums definieren könnte." Brockhaus, art. "Klima."

198. — 2. **sobald er sich . . . erhebt.** See Figs. 12, 13 and 14 in Wegener, showing cloud-banks viewed from above.

21. **Hutton.** Cf. note **171,** 5.

199. — 4. **Diese Erklärung . . . aufgegeben werden.** The facts here recorded furnish an instructive illustration of one of the commonest errors in scientific method. Hutton's observation was correct, the conclusion that he drew from it logical, but he erred in his overhasty generalization. In this connection consider the following statement: "The history of science at large, the history of each branch of science and the personal experience of every active investigator all equally demonstrate that the greatest source of error is in our interpretations of the observations, and this difficulty depends, it seems to me, more than upon any one other factor, upon our unconquerable tendency to let our conclusions exceed the supporting power of the evidence. We are too easily inveigled into assuming probabilities to be certainties, and into treating theories and even hypotheses as definite conclusions." Students interested in the subject of scientific method will do well to read the address from which the above passage is taken, "The Method of Science" by Charles Sedgwick Minot (Harvard Medical School). In compliance with a request by the editor Dr. Minot has kindly consented to furnish copies free of charge, while his supply lasts, to those applying for them.

30. **Ionen.** "Von gewöhnlichen freien Atomen oder Molekülresten unterscheiden sich die Ionen durch ihre elektrische Ladung." Cf. Meyer, "Ionentheorie," also reference given under note **149,** 6.

200. — 9. **ein ungelöstes Problem.** Cf. note **95,** 18.

15. **Aitken, John, LL.D., F.R.S.** etc., is the author of the article "Dust" in the Encyc. Brit. (11th ed.), in which those interested will find a description of the instrument mentioned in l. 16.

30. **„wasserziehende Sonne".** A similar phrase is common in Eng-

lish in the form "the sun is drawing water." See the illustration in Wegener, p. 18. The reader is also requested to refer to the last paragraph in the Introduction to this book.

201. — 7. **die Oberfläche der Dunstschicht . . . am Horizont,** i.e. on its own horizon as distinguished from the terrestrial horizon, which lies far below. See the illustration in Wegener, p. 19.

15. **den . . . Stoffen** is dative after *eigen*. Cf. also note **33,** 11.

18. **das Ultramikroskop.** In the compound or ultra-microscope there is a double magnification, an object-glass or objective, near the object, forming a real image, which is viewed by the observer through a magnifying eye-piece.

28. **Lord Rayleigh, John William Strutt** (1842–), chancellor of Cambridge University and one of the most eminent living British scientists. For a list of his more important publications cf. Brockhaus or Meyer.

202. — 3. **Betrachten wir,** hortatory subjunctive. Cf. note **126,** 15.

15. **wird . . . erzeugt werden.** In addition to its use as an independent verb in the sense of become, *werden* is employed as an auxiliary in the formation of the future tense, the passive voice and the so-called conditional mood. It is essential to be able to distinguish instinctively between these different functions of the word, and this ability can easily be acquired through a little careful observation and practice.

29. **wäre.** Cf. note **41,** 26.

203. — 5. **hätten.** Cf. note **133,** 15.

23. **welche der Mond . . . annimmt.** In this case the rays of the sun have passed through the earth's atmosphere before reaching the moon and again before reaching the eye of the observer, so that they undergo a double filtration.

26. **intensiv blau.** The question naturally arises, why are not those light waves also reflected which are intermediate in length between the blue and the red, thereby giving the sky some other coloring than blue? As a matter of fact this does occur, the indeterminate grayish cast of the sky observable when the air is heavily charged with vapor-dust particles being due to the mixture of light waves of various lengths. But under all conditions the blue must predominate since any particle large enough to reflect rays of greater length than the blue ray would at the same time reflect the latter also.

28. **einen etwas gelblichen Ton.** This color results from the partial elimination of the blue rays which naturally are intercepted by the vapor-dust particles to a greater extent than those of greater wavelength. Yellow and blue are complementary colors. Acting together they produce white. Conversely, through the removal of either one of them from white light the other results.

204. — 6. **fast ganz unbekannt.** Cf. note **95**, 18.

12. **Lösungen hygroskopischer Gase.** Hygroscopicity is defined as, "die Eigenschaft der Stoffe, durch Flächenanziehung dampfförmiges Wasser an ihrer Oberfläche oder in ihrem Innern zu verdichten. Diese Eigenschaft kommt in besonders hohem Grade vielen organischen Gebilden, Haaren, Wolle, Seide, Pflanzenteilen Stärkemehl zu. Die Hygroskopicität dieser Körper ist so groß, daß sie sich völlig trocken nur in einer künstlich ausgetrockneten Atmosphäre aufbewahren lassen." Brockhaus, art. "Hygroskopicität." Cf. also p. 185, ll. 27–28 and note.

20. **Die Bildung der Schneekristalle . . . auszugehen.** An argument supporting this view is the fact that diminutive snow crystals serve themselves as nuclei for further crystallization, so that a complete snow flake is not an aggregate of smaller flakes but a crystalline individual.

26. **Howard, Luke** (1772–1864), an English chemist and meteorologist. In his "Essay on the Modifications of Clouds" he introduced a nomenclature for the various cloud forms which in part is still in use today.

30. **„internationalen Wolkenatlas"** = *Atlas international des Nuages*. Paris, Gauthier Villars, 1896. All who have access to this important publication (found in many university and city libraries) should not fail to examine it.

205. — 3. **Cirrus.** This and the following terms are the same in English as in German and are therefore not included in the Vocabulary.

16. **Blue Hill . . . Washington.** Blue Hill is in Massachusetts, near Boston; Bossekop (also written Bosekop) in northern Norway; Pawlowsk is a small Russian town near St. Petersburg. The location of the other stations mentioned is doubtless familiar to all.

206. — 5. **zweier.** Cf. note **127**, 23.

11. **bei** is used to indicate closeness or proximity to an object, and from this have developed such meanings as *in view of*, *in spite of*, etc. It does not correspond, however, with English *by* as expressing the relation of agency, cause, means or instrument. The meaning here, therefore, is not that the stratus form arises *by* or *through* a raising of the boundary plane, but rather *with* or *upon*.

14. **den Durchbruch einer größeren Luftmenge.** From the use of the word *Luftmenge* it would seem that the cloud simply follows the mass of air as the latter breaks through the boundary plane. Since the clouds, however, are a part of the atmosphere, and not something distinct from it, it is conceivable that the cloud in this case is identical with the *Luftmenge*, or at least instrumental in the elevation of the latter. Cf. note **194**, 10. As to the comparative *größeren* cf. note **98**, 7.

207. — 3. **Von Berggipfeln . . . den Anblick eines Wolkenmeeres.**

The reader is requested to refer in this connection to the last paragraph in the Introduction.

12. **Helmholtz, Hermann von** (1821–1894), professor of physiology at the universities of Königsberg, Bonn and Heidelberg, and from 1871 on, professor of physics at the University of Berlin. In 1888 he was also appointed director of the Physikalisch-Technische Reichsanstalt. He is regarded as one of the founders of experimental psychology and his contributions to the physiology of the nervous system, to the theory of mathematical physics and to the psychology of sight and sound are especially valuable.

19. **zu beobachtenden,** *to be observed, observable.* The present participle with *zu* prefixed is known as the attributive gerundive and has passive force, expressing the necessity, possibility or fitness of an action. The participle is not governed by the *zu* but agrees with the substantive like any attributive adjective.

21. **10.000 mal so gross wie die Wasserwogen.** This is to be understood as referring to the volume or cubic contents of the waves. The difference in linear dimensions would then be represented by the cubic root of 10,000, or 21 +.

209. — 10. **den Tafelberg,** *Table Mountain*, a peak in Cape Colony, S. Africa. The constantly recurring obstacle-wave is known locally as the table-cloth. Teneriffe is the largest of the Canary Islands. A photograph of an obstacle-wave over the Matterhorn is shown in Wegener, p. 27.

24. **dies letztere.** Since *letztere* has the weak, one would expect *dies* to have the strong ending. But since *jenes* never appears as *jen* it is evident that *dies* is really the full form which has undergone contraction (*dieses* to *dies's* to *dies*).

210. — 1. **langgezogene Fallstreifen.** On photographs taken from the surface of the earth (Fig. 20) these filaments rarely appear as descending vertically. This is due chiefly to the relative position of the camera and the clouds, although in many cases a real deflection is caused by the action of the wind.

8. **Hann, Julius** (1839–), professor of cosmical physics at the University of Vienna and the author of numerous valuable works on meteorology, *Lehrbuch der Meteorologie*, *Handbuch der Klimatologie*, etc.

27. **bei schweren Gasen,** such as argon, neon, krypton, etc. The discovery of these gases, although they constitute volumetrically only an exceedingly small proportion of the atmosphere, is accounted for by the fact that man dwells at the bottom of the ocean of air, whereas coronium (p. 212, ll. 2 ff.), which presumably floats at the surface of the "ocean" in great quantities, has as yet escaped detection.

211. — 11. **des Vulkans Krakatau.** Cf. p. 116, ll. 12–15 and note.

13. **die . . . „leuchtenden Nachtwolken".** Cf. note **215,** 6. An excellent photograph of these remarkable clouds is shown in Wegener, p. 55.

17. **sich . . . zeigte.** In the normal order *es* would be present to serve as the subject of the verb. In the inverted and transposed order the *es* is omitted and the following *daß*-clause itself can be regarded as the subject.

22. **In einer neuen, größeren Arbeit.** This appeared in the *Physikalische Zeitschrift*, XII (1911) under the title "Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphärenschichten."

31. **die sogenannte Nordlichtlinie,** the green spectral line with a wave-length of 557 millimicrons (note **238,** 31).

212. — 2. **das Zodiakallicht** "erscheint in europäischen Breiten namentlich in den Monaten Januar bis März kurz nach Sonnenuntergang und in den Herbstmonaten vor Sonnenaufgang in Form einer matten, schräg stehenden Lichtpyramide. In den Tropen soll es das ganze Jahr hindurch gleichmäßig sichtbar sein. Genauere Beobachtungen ergeben, daß der Lichtschimmer sich von der Spitze der Pyramide noch weiter in der Richtung des größten Kreises fortsetzt, am Gegenpunkt der Sonne eine geringe Verstärkung erfährt und den ganzen Himmel umspannt. Die Achse des Zodiakallichtes fällt für unsere Messungen mit der Ebene des Sonnenäquators zusammen." Wegener, p. 53.

10. **die Zusammensetzung der Atmosphäre.** Observe that the non-occurrence of a gas is indicated in the following table by a dash. The zeros under Geocoronium, Wasserstoff and Helium are intended to show that the amount of these gases cannot well be calculated for the respective elevations.

14. **erreichen nirgends 1% in der Zusammensetzung,** for the reason that they are all relatively heavy gases so that if they constitute less than 1% of the atmosphere at the surface of the earth they must occur in still smaller amounts at greater elevations (atomic weight of neon = 20, of krypton 82, of xenon 128, etc.). In Fig. 23 the gases are arranged from left to right in accordance with their relative atomic weights (argon = 39.5, oxygen 16, nitrogen 14, etc.).

213. — 9. **um . . . zu verschwinden.** The infinitive with or without *zu* or *um zu* is often used absolutely, i.e. without definite connection with any other word in the sentence. The construction is also common in English, not to mention other languages (note the expression!).

214. — 14. **einteilen,** active in form, passive in meaning. Cf. note **68,** 15.

26. **der Masse nach.** In the meaning *according to, with respect to, nach* may follow the substantive which it governs except when the

latter is used without the article or any attributive word or phrase. Therefore, "nach Wunsch," or "meinem Wunsche nach," *according to my wish*, but not "Wunsch nach." A substantive receives more stress, phonetically, and therefore greater emphasis, logically, when it precedes than when it follows its preposition.

215. — 6. **die Dämmerungserscheinungen.** The discussion of these and the phenomena mentioned under 3, 4 and 5 is omitted on account of lack of space. Those interested are referred to Wegener, pp. 53 ff.

9. **kleinste,** *very small, minute.* This is the superlative absolute which is used to indicate a high degree of a quality, without, however, suggesting any definite comparison.

10. **feste Weltkörper,** metallic (iron, nickel, etc.) or stony (chiefly silicates). While shooting stars never fail to attract the attention of every observer, few probably realize how numerous they are: "Vereinzelte oder sporadische Sternschnuppen kann man in jeder Nacht sehen, und zwar werden deren am nämlichen Orte durchschnittlich fünf in der Stunde gesehen; indessen ist die Häufigkeit dieser nach Tages- und Jahreszeit verschieden. In gewissen Zeiten nehmen die Sternschnuppen außerordentlich an Häufigkeit zu und treten in förmlichen Schwärmen auf, so daß in wenigen Stunden deren viele Tausende gezählt werden können; so z. B. sind in der Nacht vom 12. zum 13. Nov. 1833 an einem Orte wenigstens 240 000 gesehen worden." Brockhaus, art. "Sternschnuppen."

14. **nach erfolgter Abkühlung,** *after the cooling has taken place.* The Germanic languages no longer possess a special form for the perfect active participle, but the perfect passive participle of various intransitive verbs conjugated with *sein* and representing a state or condition resulting from previous action often has active force (cf. *der erwachsene Mensch, die stehen gebliebene Uhr*, etc.).

216. — 1. **welche er im Weltraume besaß.** Cf. note **165,** 29.

10. **die . . . ein kontinuierliches Spektrum erzeugt.** Every luminous body which sends out white light produces a continuous spectrum. Every gas, however, absorbs just those rays which it emanates when heated, so that the spectrum of a luminous body surrounded by a gaseous envelope, like the sun, exhibits numerous dark lines (Fraunhofer's lines) corresponding in position to the bright lines characteristic of the various gases of the envelope when incandescent. In the case of the metallic or stony meteorite the rays also pass through a gaseous envelope (the atmosphere), but since there is no vapor of iron, nickel, silica, etc. in the air corresponding to the material of which the meteorite is composed the resulting spectrum is without dark lines, or continuous.

23. **gehörte,** past subjunctive. Cf. note **40,** 16.

27. **innerhalb der Wasserstoffsphäre.** This extends from about

70 to approximately 230 km. elevation. The shooting stars begin to glow at an elevation of approximately 120 km. and become extinct at about 80 km. above the earth.

31. **das Meteor.** A meteor differs from a shooting star (*Sternschnuppe*) only in its superior size and brilliancy. Such meteors as are of sufficient size to resist dissolution in the atmosphere reach the surface of the earth and are then known as meteorites (*Meteorsteine*). As to the size of the largest meteorites cf. note **170,** 11.

217. — 11. **Die Ursache der Explosion . . . nicht völlig aufgeklärt.** It is perhaps premature if not incorrect to use the word *Explosion* in this connection. Cf. notes **68,** 9 and **95,** 18.

PHYSICS

218. — 1. **Newton, Sir Isaac** (1642–1727), the great English mathematician and physicist, discoverer of the law of universal gravitation. He was connected for many years with the University of Cambridge and was elected to Parliament in 1689 as a representative of the university. From 1703 to the time of his death he served as president of the Royal Society. He is buried in Westminster Abbey.

5. **etwas anderes . . . etwas anderes,** *one thing . . . another.* Because the English expression is logical and easily understood one must not conclude that the German expression is necessarily illogical. In the latter the activity of the child is contrasted with that of Newton, and vice versa. In the former the contrast is suggested only once.

13. **unsere bisherigen Kenntnisse.** In previous chapters, which could not be included on account of lack of space, the author explains the composite nature of white light, how the same may be resolved into the primary colors through the use of a prism, and how opaque bodies appear colored in accordance with their capacity for absorbing some and reflecting other light-waves.

23. **der sogenannten Plateauschen Mischung,** first prepared by the Belgian physicist Joseph A. F. Plateau (1801–1883).

219. — 3. **Marseiller Seife** "wird aus 6 dz Baumwollsamen- und 6 dz Erdnußöl mit Natronlauge dargestellt." Meyer, art. "Seife." Doubtless any good soap prepared with vegetable oils would serve the purpose. As to the form *Marseiller* cf. note **183,** 10.

8. **3° C.** What would this be on the Fahrenheit scale? Cf. note **38,** 13.

26. **in parallelen, streifenförmigen Schichten.** Why are these bands parallel and horizontal instead of circular or vertical, and why does more than one color appear? If the reasons are not evident return to these questions after reading to p. 235, l. 14.

221. — 2. **rapid.** There are very few English words in the German language. Those which appear to be English are in reality generally French; *rapid* = Fr. *rapide*. — **eine sehr dünne Schicht.** Those interested in knowing how thin this layer is or may become are referred to p. 146, l. 23 — p. 147, l. 11.

10. **ganz stabil.** These colors also appear in nature in more or less permanent form, as for example on the inner surface of many shells (mother-of-pearl), on the scales of various fishes, etc.

25. **in je einem Kreise,** *in any given circle.* Cf. note **103,** 2.

222. — 1. **hierbei** is not to be translated *hereby.* Cf. note **206,** 11.

8. **genügend leicht.** If the author were asked just what is meant by this phrase he would probably say: *leicht und genügend rein.* Light produced by means of colored glasses is not strictly monochromatic. Cf. p. 238, ll. 10–13.

223. — 14. **Huyghens,** or **Huygens, Christian** (1629–1695), a Dutch physicist, mathematician and astronomer and one of the important names in the history of science. Cf. Brockhaus or Meyer, where those interested will also find articles on Young and Fresnel mentioned just below.

19. **Analysieren wir,** hortatory subjunctive. Cf. note **126,** 15.

28. **an der Vorderfläche des Glases reflektiert.** But reflection occurs also at the inner surface. And if we would keep the analogy with the film of Plateau's solution perfect we must assume that the reflection with which we are here concerned takes place at the two surfaces of the film of air, i.e. at the inner surfaces of the glass plate and the glass lens.

224. — 17. **unter Umständen,** *under certain circumstances.* It is often possible to arrive at the meaning of German words by way of the Latin. Compare in this sense *Umstand* and *circumstance*, *abhängen* and *depend*, *aussetzen* and *expose*, etc. The comparative purity of the German language is accounted for in part by the fact that foreign words have been translated into the language instead of adopted outright.

225. — 1. **seit dem Altertum.** "Bereits Pythagoras (im 6. Jahrhundert v. Chr.) und dessen Schüler entwickelten ziemlich gründlich die Lehre von den musikalischen Intervallen und von den Schwingungen der Saiten. Anaxagoras (im 5. Jahrhundert v. Chr.) erklärte das Echo als eine Reflexion des Schalles und Plinius wußte, daß der Schall in festen Körpern sich schneller fortpflanze als in der Luft." Brockhaus, art. "Schall."

6. **aus** is to be taken with the preceding *von.* Cf. note **41,** 9.

226. — 12. **was bekanntlich nicht der Fall ist.** How is it then to be explained that floating objects are thrown up on the beach by the waves of the sea?

17. **einen vollständigen Hin- und Hergang.** This expression might be improved through the substitution of *doppelten* for *vollständigen.* The movement of any particle from its position of rest to the position of greatest elevation and back again is followed by a corresponding movement below the position of rest before the process is completed.

25. **durch.** Notice that this preposition is used to indicate the agent or means which one employs in reaching an end or object, corresponding to English *by* (cf. note **206,** 11). If one were to take it here in its ordinary sense of *through* the significance of the statement would be reversed.

227. — 14. **können.** Why the infinitive form? Cf. note **126,** 16.

23. **zwischen 10 und 40 000.** The lower limit of sound is usually stated to be at 16 vibrations per second. The uncertainty is due to the fact that sound is a subjective sensation, while vibration, upon which it is based, is a physical phenomenon. As to the absence of the comma in the larger numeral cf. note **96,** 7.

29. $\frac{3}{4}\frac{3}{4}\frac{0}{0}$ **m** = $\frac{3}{4}$ **m.** Read: *drei hundert und dreißig Meter dividiert durch vier hundert und vierzig gleicht drei Viertel Meter.*

228. — 5. **lasse** has for its subject the plural substantive *Tatsachen,* but is attracted into the number of the predicate, *Interferenzerscheinung.* Cf. note **104,** 31.

15. **ein noch so tiefsinniger Grieche.** In English we should probably say *even an unusually thoughtful Greek.* But in all such cases the student is urged to give especial attention to the German idiom rather than to search for a happy English phrase. *Noch* indicates primarily continuation and from this "it has developed the idea of intensity, multiplication, addition, repetition, survival, contrast to a former situation." Curme, *A Grammar of the German Language,* p. 361.

31. **es . . . zu tun hat** = *rechnen muß.* As a transitive verb *tun* calls for a formal object (*es*) even when the latter is so indefinite that it can hardly be supplied in thought, much less in words.

229. — 2. **Olaf Römer** (1644–1710), a Danish astronomer. Besides being the first to determine the velocity of light, Römer is remembered as the inventor of the transit-instrument or meridian-circle.

15. **sehen.** Why the infinitive form? Cf. note **126,** 16.

31. **die Ursache der Verspätung.** No serious student of science can fail to be interested in the subject of correct method. The story here told of the discovery of the fact that time is required for the transmission of light offers a remarkably clear illustration of the successive steps in the process of scientific discovery. 1. Observation of a phenomenon the cause of which is unknown (er mußte 986 Sekunden warten, etc.). 2. Reflection upon possible causes and the formulation of a satisfactory theory (er fand sie darin, etc.). 3. Confirmation of the

reliability of the observations (fortgesetzte Beobachtungen) and the submission of the theory to all possible tests (verfeinerte Zeitmessungen, p. 230, l. 7). An instructive instance of a "satisfactory" theory which failed, however, to stand the test of later observations is given in note **199,** 4.

230. — 8. **die Lichtgeschwindigkeit . . . zu messen.** For an account of the ingenious methods employed cf. art. "Licht" in Meyer, art. "Lichtgeschwindigkeit" in Brockhaus. In the latter we find the following especially interesting passage: "Foucault hat mit Hilfe eines rasch rotierenden Spiegels die Lichtgeschwindigkeit im Raum eines Zimmers gemessen und nachgewiesen, daß sie im Wasser nur drei Viertel derjenigen in der Luft beträgt, eine wichtige Stütze der Vibrationstheorie."

20. **Körper** is used here in the sense of *medium* rather than *body*. In the case of the soap-bubble the two rays start from opposite sides of the same film (body), but the interference takes place presumably in the surrounding medium (air, ether).

231. — 10. **die stark ausgezogene Kurve.** It is evident that a wave of this kind when formed in a shallow medium may attain an amplitude greater than the depth of the latter. In this case the trough of the wave is broken through and appears as a gap of greater or lesser width. For an interesting instance of this phenomenon cf. p. 207, ll. 12 ff. and Fig. 22.

232. — 15. **Es fallen . . . und umgekehrt.** This statement and the accompanying figure are perhaps somewhat misleading in so far as they seem to imply that the second wave interferes with the first all along its course. Complete interference occurs at a point or in a zone transverse to the direction of the waves and not along their line of progress.

24. **wenn sie keinen Gangunterschied haben.** Since two waves of equal amplitude with no original difference of phase would have to be regarded as identical it would describe more closely what actually occurs in nature to say: *wenn sie einen Gangunterschied von einer, bzw. zwei, drei etc ganzen Wellenlängen haben.*

233. — 2. **brauchten,** past subjunctive. Cf. note **126,** 15.

13. **sei es.** Cf. note **115,** 8.

26. **also** is frequently used, as here, to indicate the resumption of a train of thought which has been momentarily interrupted and can best be rendered in such cases by English *then*. Its usual meaning, however, is *therefore,* and although identical in form and origin with English *also* (Anglo-Saxon *eal swā*, Old High German *alsô* <**al swa*) it is never equivalent to the latter. The following sentences will illustrate the divergence in the use of the word in the two languages: A. is a general and B. is also (i.e. "entirely so," just the same). But: A. war ein tapferer

Soldat und wurde also (*therefore*) General. Here it is the allegation or claim made in the first clause which is asserted to be "entirely so," and from this the transition to *therefore* is simple.

234. — 2. **welche . . . horizontal sich erstrecken.** One might expect that these horizontal bands would extend across the whole screen, or, theoretically, that they would be of infinite length. That their length is actually quite limited is due to the gradual and finally total destruction of the light rays through interference at points more and more remote from the center M. Cf. Graetz, p. 81 (explanation of Fig 71).

9. **Dies sind.** Cf. notes **104,** 31 and **209,** 24.

235. — 29. **0,00067 mm.** Read: *sieben und sechzig Hunderttausendstel eines Millimeters*, or *Null, Komma, Null, Null, Null, sechs, sieben.*

236. — 2. **der Tausendstel,** gen. pl. We should expect perhaps the singular, but the idea to be conveyed is that the distance referred to is measurable only in thousandths of a millimeter, although not necessarily less than one thousandth. — **dass wir sie gar nicht erkennen könnten.** In fact, they would probably not appear at all since interference occurs only when the two rays follow the same path, or paths only slightly divergent.

18. **Fig. 30** represents the simplest form of the diffraction grating (*Beugungsgitter*), familiar to all students of optics. Cf. Graetz, p. 83 (Fig. 74 and description).

32. **welches.** Why the singular? Cf. note **124,** 6.

238. — 16. **in der Nähe der Linie *A*.** The location of this and the other lines mentioned in the table is shown on the colored plates accompanying art. "Spektralanalyse" in Brockhaus and Meyer.

31. **0,589 μ, 0,760 μ,** etc. The unit of length represented in these quantities is known in English as a micron (= one millionth of a meter). Multiplied by 1000 these decimals become the whole numbers 589, 760, etc. and are then designated as millimicrons. The proper abbreviation for a millimicron (= one billionth of a meter) is mμ; $\mu\mu$ is also frequently used, but is clearly incorrect.

239. — 3. **das (sichtbare) Spektrum.** The invisible spectrum extends beyond the visible spectrum in both directions. Infra-red rays have been observed with wave-lengths up to 2030 mμ, and ultra-violet rays with wave-lengths of only 293 mμ. As to the latter the following statement is of general interest: "Hier bricht das Spektrum plötzlich ab, und zwar liegt dies daran, daß unsre Atmosphäre Strahlen von noch kleinerer Wellenlänge vollkommen absorbiert." Meyer, art. "Spektralanalyse."

6. $3 \cdot 10^6$. Read: *drei mal zehn zur fünften Potenz erhoben.*

10. **dreihundert Billionen.** Notice that in Germany (and Great

Britain) billion = a million millions, whereas in the U.S. (and France) billion = a thousand millions. Since the author is endeavoring to give some idea of the immensity of these figures it may be well to add the following illustration. If a person could observe and count the light waves of the *F*-line, for example, that pass a given point in a second he would find that the number amounted to approximately 623,000,000,000,000,000. Calculate the number for some of the other colors.

240. — 18. **einige andere Erscheinungen,** namely electric and magnetic phenomena. It has been shown, for instance, that cathode rays reach the earth from the sun. Cf. Wegener, p. 58, ll. 4 ff.

21. **Dichtigkeit.** It would seem that *Trägheit* might be a better term to use in this connection. Certainly, the statement in the following sentence (er muß . . . überall zwischen den kleinsten Körperteilchen existieren) would not lead one to suppose that the density of the ether was necessarily slight.

241. — 6. **große Überraschungen.** Here belongs in all probability the relation of the ether to the phenomenon of gravitation. Since the ether furnishes apparently the only means of communication between the earth and the sun it seems altogether reasonable to assume that the attraction exerted by the sun upon the earth is also transmitted through the ether, — but how?

20. **die die sichtbare . . . erweitert.** This broadening of the world in which we live is, for the present at least, a widening of our range of thought and knowledge rather than an extension of the region actually accessible to man. It is instructive to reflect that no human being has ever ascended to an altitude of more than six or seven miles above, nor descended to a depth of more than perhaps one mile beneath the surface of the earth. But from this film-like stratum science has penetrated in either direction and is able, on the one hand, to inform us of at least some of the conditions that prevail at the lowest depths of the pyrosphere and, on the other, to investigate with success the whole range of the earth's atmosphere, and beyond that the conditions that obtain in ether-filled space and on remote heavenly bodies. And not only is science attempting to determine the present constitution of nature for all parts of the universe, but looking backward and forward it is able to describe conditions that prevailed thousands and millions of years ago and to venture predictions as to what we may expect thousands and millions of years in the future. In view of the immense scope of scientific investigation it is needless to say that our knowledge at present is only fragmentary. These remarks are not intended as a rhapsody in glorification of science. They are set down with a twofold and very definite purpose. First, to remind the reader once more that there are still endless problems awaiting solution and inviting him to

the exercise of his best powers. And secondly, to emphasize in conclusion the belief of the editor that the oft repeated charge that the study of science is not cultural is wholly without foundation. The mind that can review the achievements of science in the past and survey the tasks that it has sèt itself for the future without feeling that broadening of the spirit and humility of soul which are essential to true culture, — *dem ist*, to use a phrase already familiar to at least some of our readers, *dem ist so wie so nicht zu helfen*.

VOCABULARY

Note. — The principal parts of strong verbs are indicated in parenthesis by the changes in the radical vowel. The principal parts of irregular verbs are written out in full. A hyphen between a verb and its prefix is used to show that the latter is separable (**zurück-prallen**; entered under **zurück**). The fact that any adjective in German may also be used in its undeclined form as an adverb makes it unnecessary, as a rule, to give the adverbial form in English unless the latter differs widely from the adjective. Likewise it should be remembered that the infinitive of any verb may be used as a verbal noun (das **Schmelzen** = melting, etc.). The gender of all substantives is noted but not the declensional class to which they belong. This can be easily determined by observing the plural forms. Proper names, including the names of cities, countries, rivers and the like, are omitted when the English form is identical with the German. Abbreviations, unless explained in the notes, are entered in the regular alphabetical sequence.

VOCABULARY

A

a. = **anno,** in the year
ab, off, down, (away) from; **von da —,** from then on
ab-ändern, to alter, change
Abbildung, *f.* copy, drawing, portrayal, picture
ab-blenden, to screen off, intercept
ab-brechen (a, o), to break off, end
Abdachung, *f.* slope, declivity
ab-drängen, to push (force) aside
Abend, *m.* evening
Abenteuerlust, *f.* love of adventure
aber, but, however; again
abermals, again, once more, anew
Abfall, *m.* fall, drop, descent, slope
Abfall(s)haufen, *m.* refuse heap
abflußlos, without an outlet, undrained
ab-führen, to lead away, remove
Abgabe, *f.* giving off, elimination, excretion
ab-geben (a, e), to give off, expel
Abgelegenheit, *f.* remoteness
ab-grenzen, to fix the boundaries, limit
Abgrund, *m.* abyss
Abhandlung, *f.* treatise, paper
Abhang, *m.* slope, declivity
ab-hangen (-hängen) (i, a), to depend (upon = **von**)
abhängig, dependent
Abhängigkeit, *f.* dependence
ab-kühlen, to cool off (down)
Abkühlung, *f.* cooling (off), drop in temperature
Abkürzung, *f.* shortening, abbreviation
ab-lagern, to lay down, lodge, deposit
Ablagerung, *f.* deposit(ion), bed, stratum
ab-legen, to lay down, render, furnish, give
ab-leiten, to derive, deduce, infer
Ableitung, *f.* deduction
ab-lenken, to turn aside, deflect
Ablenkung, *f.* deflection
ab-lesen (a, e), to read (off), take a reading
Ablesung, *f.* reading
ab-lösen, to loosen, detach; relieve, replace, succeed
Ablösung, *f.* detachment, separation
Abnahme, *f.* falling off, decrease, drop
ab-nehmen (a, o), to take away, decrease, diminish
abnorm, abnormal
ab-platten, to flatten
Abplattung, flattening
ab-prägen, to stamp, impress; **sich —,** be reproduced
ab-reißen (i, i), to tear off

Abriß, *m.* outline, sketch
ab-rufen (ie, u), to call away
ab-runden, to round off, give in round numbers
ab-scheiden (ie, ie), to separate, disengage, isolate, give off, precipitate
Abscheidung, *f.* separation, giving off, excretion
ab-schlagen (u, a), to strike (chip) off.
ab-schleudern, to fling off
ab-schließen (o, o), to shut off, conclude, end; **abgeschlossen,** shut off, separate, distinct
Abschluß, *m.* exclusion
ab-schmelzen (o, o), to melt (away)
Abschnitt, *m.* section, segment, division, chapter
ab-sehen (a, e), to disregard; follow (*to the end*) with the eye, estimate; **von . . . abgesehen,** disregarding
absolut, absolute
absorbieren, to absorb
Absorption, *f.* absorption
Absorptionskraft, *f.* absorptive power (capacity)
Absorptionsorgan, *n.* organ of absorption
Absorptionstätigkeit, *f.* absorptive activity (work)
ab-spalten, to split off, detach
ab-spiegeln, to mirror, reflect
ab-spielen; sich —, to be enacted, take place, occur
ab-stammen, to spring from, be derived
Abstammung, *f.* descent, extraction, origin, lineage
Abstand, *m.* distance (between), interval
ab-sterben (a, o), to die out, perish
Abstieg, *m.* descent
ab-stimmen, to put in tune, key
ab-streifen, to strip (slough) off
ab-streiten (i, i), to gain by force, capture
ab-tanzen, *s.* **auf-tanzen**
Abteil, *m.* compartment
ab-töten, to kill off; **—d,** destructive
ab-tragen (u, a), to carry off, wear down, denude; delineate, represent
Abtragung, *f.* removal, denudation, erosion
ab-trennen, to separate, disconnect
abwärts, down, downwards
ab-wechseln, to alternate; **—d,** alternately, by turns
ab-weichen (i, i), to deviate, depart from
Abweichung, *f.* deviation
ab-weisen (ie, ie), to refuse, reject
ab-werfen (a, o), to throw off, drop, shed
Abwesenheit, *f.* absence
ab-wogen, *s.* **auf-wogen**
Achäne, *f.* achene
Acheuléenformation, *f.* Acheulian formation
Acheuléenperiode, *f.* Acheulian period (era)
Achse, *f.* axis, stem, shoot, sprout
acht, eight
acht–, eighth
achtfach, eightfold, octuple
achtzehnt–, eighteenth
Ackerbau, *m.* agriculture

addieren, to add
Adria, *f.* Adriatic Sea, Adriatic littoral
Aerologie, *f.* aerology
aeronautisch, aeronautic
Affe, *m.* ape
affenähnlich, ape-like
Affengeschlecht, *n.* ape family, simian race
affenhaft, simian
Affenverwandtschaft, *f.* kinship with the apes
Affinität, *f.* affinity, attraction
äffisch, apish, simian
Afrika, *n.* Africa
Afrikaneger, *m.* African negro
Afrikaner, *m.* African
ägäisch, Aegean
Aggregat, *n.* aggregation
Aggregatzustand, *m.* state of aggregation
ahnen, to surmise, divine, imagine
ähnlich, similar; **Ähnliches,** the like; — **wie,** just as
Ähnlichkeit, *f.* similarity
Ahorn, *m.* maple
Akten, *f. pl.* deeds, documents, records
Aktinium, *n.* actinium
aktiv, active, spontaneous
aktivieren, to impart active force, energize
Aktivität, *f.* activity
Alchemie, *f.* alchemy
Alchymist, *m.* alchemist
Algen, *f. pl.* algae
Alkali, *n.* alkali
Alkalimetall, *n.* alkaline metal
alkalisch, alkaline, alkalic
Alkoholthermometer, *n.* alcohol thermometer
all, all, every(thing); **vor allem,** above all
allbekannt, well-known
allein, alone; only, but, however
alleinig, sole
allenthalben, everywhere
allerdings, certainly, to be sure
allereinfachst, very simplest
allererst, first of all, very first
allergrößt(es)t, very greatest
allerhand = **allerlei**
allerlei, of all kinds, all sorts of
allermeist, most (of all), almost all
allerwenigst; am —en, least of all
allgemein, common, general, universal; **im —en, (ganz) —,** in general
Allgemeingut, *n.* common property
allmählich, gradual
alltäglich, (of) daily (occurrence), ordinary
Alluvium, *n.* Alluvium, Post-Glacial epoch (formation)
Alp, *f.* Alpine pasture (*cf. note* **123,** 27)
Alpen, *f. pl.* Alps Mts., the Alps
Alpenbotaniker, *m.* student of the flora of the Alps, Alpine botanist
Alpengebiet, *n.* region of the Alps, Alpine district
Alpengebirge, *n.* Alps Mts.
Alpenflanze, *f.* alpine plant
Alpensame(n), *m.* seed of alpine plants, alpine seed
Alpental, *n.* Alpine valley
Alphabet, *n.* alphabet
Alphastrahl, *m.* alpha ray
alpin, Alpine, alpine
als, when, as; than, except; — **ob,** as if
alsbald, immediately

alsdann, then, thereupon
also, thus, therefore, then (*cf. note* **233,** 26)
alt, old, ancient, early
Altamirahöhle, *f.* Cavern of Altamira
altdiluvial, Early Glacial (Pleistocene)
Alter, *n.* age
Altertum, *n.* antiquity, ancient times
Altertumskunde, *f.* archaeology
Aluminium, *n.* aluminium
am = **an dem**
Ameisenlöwe, *m.* ant-lion (*Myrmecoleon*)
Ameisensäure, *f.* formic acid
Amentaceen, *f. pl.* Amentaceae
Amerika, *n.* America
Ammoniak, *n.* ammonia
Ammoniakdampf, *m.* vapor of ammonia
Amöbe, *f.* amoeba
amöboid, amoeboid
Amplitüde, *f.* amplitude
an, at, by, to, in, on, upon, of, in the way (form) of, as to
analog, analogous
Analogie, *f.* analogy
Analyse, *f.* analysis
analysieren, to analyze
analytisch, analytic(al)
Anatom, *m.* anatomist
Anatomie, *f.* anatomy
anatomisch, anatomical
Anbau, *m.* planting, cultivation
Anbetracht, *m.* consideration, view
Anblick, *m.* look, view, sight, inspection, appearance
an-bringen (brachte —, —gebracht), to bring to, attach
Anbruch, *m.* break, beginning
an-dauern, to last, continue
ander, other, different, else; —**s,** otherwise, differently
ander(er)seits, andrerseits, on the other hand
ändern, to change, alter
anderseits = **andererseits**
Änderung, *f.* change, alteration
an-deuten, to indicate, suggest
aneinander, against (to) each other, together
anemochor, having seeds transported by the wind, wind-borne, anemochoric
Anemochore, *f.* anemochoric plant
Anemogame, *f.* (*wedded to the wind*) anemophilous plant
Anemometer, *n.* anemometer
anemophil, anemophilous
an-erkennen (erkannte —, —erkannt), to recognize, acknowledge
Anfang, *m.* beginning; **anfangs, im Anfange,** at first, at the beginning
an-fangen (i, a), to begin, do
Anfänger, *m.* beginner
Anfangsstadium, *n.* first (initial) stage
Anfangsstück, *n.* first part, initial segment
Anfangswert, *m.* initial value (amount)
an-füllen, to fill up
Angabe, *f.* statement, report, datum
an-geben, (a, e), to state, declare, report, indicate
angeblich, alleged, claimed
an-gehören, to belong (to, in)

angehörig, belonging to; **Angehöriger,** member
Angel, *f.* fish-hook, hinge, pivot
angemessen, fit, suitable
angenähert, approximately, nearly
angenehm, pleasing, pleasant
angesehen, respected, esteemed, distinguished
Angliederung, *f.* incorporation, annexation
an-greifen (i, i), to seize upon, attack, affect
Angriffsfläche, *f.* surface exposed to attack
Anhalt, *m.* hold, clue, light
an-halten (ie, a), to continue, persist; **—d,** unremitting, long continued
Anhängsel, *n.* appendage
an-häufen, to heap up; **sich —,** accumulate
Anhäufung, *f.* accumulation
Anhydrid, *n.* anhydride
an-kämpfen, to contend against
an-knüpfen, to fasten to, join, connect
an-kommen (a, o), to arrive; **darauf —,** to be a question of, involve
Ankömmling, *m.* new-comer, stranger, immigrant
Ankunft, *f.* arrival
Anlage, *f.* laying-out, arrangement, construction, establishment
an-langen, to arrive
Anlaß, *m.* occasion, cause
an-legen, to lay out, place, establish
Anlehnung, *f.* leaning upon; **in — an,** with reference to
an-messen (a, e), to fit to measure, adapt, adjust (*cf.* **angemessen**)
annähernd, approximately
Annäherung, *f.* approximation, approach
Annäherungsform, *f.* approximative form, similar shape
Annäherungswert, *m.* approximate value
Annäherungszahl, *f.* approximate (round) number
Annahme, *f.* assumption
an-nehmen (a, o), to take on, accept, assume
annuell, annual
an-ordnen, to order, arrange
anorganisch, anorganic, inorganic
an-passen, to fit, suit, adapt, accommodate
Anpassung, *f.* adaptation
Anpassungseigentümlichkeit, *f.* peculiarity of adaptation
an-pflanzen, to plant, cultivate
an-regen, to stir up, stimulate, impel
Anregung, *f.* incitation, suggestion
an-richten, to prepare, cause, occasion
an-sammeln; sich —, to collect
Ansatz, *m.* onset, start, beginning
Anschauung, *f.* view, visualization, concept(ion), perception, observation
anscheinend, apparent
an-schlagen (u, a), to strike, (cause to) sound
an-schließen (o, o); sich —, to attach oneself to, be connected, join
Anschluß, *m.* joining, connection

an-schmiegen, to fit closely to, adapt
an-schwemmen, to wash up
an-segeln, to sail on, begin to sail
an-sehen (a, e), to look at (upon), consider, determine by inspection (*cf.* **angesehen**)
ansehnlich, considerable
Ansicht, *f.* sight, view, opinion
Ansied(e)lung, *f.* settlement, colony, colonization
Ansiedler, *m.* settler, colonist
an-sprechen (a, o), to claim as, declare to be
Anspruch, *m.* claim
anstatt, instead of
an-stehen (stand —, —gestanden), to appear on the surface, crop out
an-steigen (ie, ie), to rise, slope upward
an-stellen, to institute, set up, arrange, prepare, employ
Anstoß, *m.* push, impulse, stimulus, stimulation
an-streben, to strive for, aim at
Antarktis, *f.* Antarctic regions
antarktisch, Antarctic
Anthese, *f.* anthesis
Anthropoiden, *m. pl.* anthropoid apes
Anthropologie, *f.* anthropology
anthropomorph, anthropomorphic, anthropoid
Anthropomorph, *m.* anthropoid ape
anthropozoisch, anthropozoic, psychozoic
Antizyklon(e), *m.* anticyclone
an-treffen (a, o), to meet with, hit (come) upon, find
an-treten (a, e), to enter upon, begin
Antwort, *f.* answer
an-weisen (ie, ie), to direct, assign, refer, limit (to = **auf**)
an-wenden (*p.p.* **—gewendet** *or* **—gewandt**), to use, employ, apply
Anwendung, *f.* application, use
Anwesenheit, *f.* presence
Anzahl, *f.* number, total, host
Anzeichen, *n.* sign, token
an-ziehen (zog —, —gezogen), to draw, attract
Anziehung, *f.* attraction
Anziehungskraft, *f.* attractive force, power of attraction
Anziehungsmittelpunkt, *m.* center of attraction
Äon, *m.* eon, (cosmic) age
Apfelsine, *f.* orange
Apparat, *m.* apparatus
April, *m.* April
Äquator, *m.* equator
Äquatorgebiet = Äquatorialgebiet
äquatorial, equatorial
Äquatorialgebiet, *n.* equatorial region(s)
äquivalent, equivalent
Äquivalent, *n.* equivalent
Arabien, *n.* Arabia
arabisch, Arabic
Araceen, Arazeen, *f. pl.* Araceae
Arbeit, *f.* work, labor, task; treatise, dissertation
Arbeitsleistung, *f.* performance of labor, operation, activity
archäisch, Archaean
Archäolog(e), *m.* archaeologist
Archipel, *m.* archipelago
Archiv, *n.* archive

Areal, *n.* area, terrain
Argon, *n.* argon
Arier, *m.* Aryan
arisch, Aryan
arithmetisch, arithmetical
Arktis, *f.* Arctic regions
arktisch, arctic, polar
arktisch-antarktisch, Arctic and Antarctic
Arm, *m.* arm
Ärmeljacke, *f.* sleeved jacket
Aroideen, *f. pl.* Aroideae (*cf. note* **83,** 7)
Art, *f.* kind, sort, manner, species, variety
Artenzahl, *f.* number of species (*etc. cf.* **Art**)
artikulieren, to articulate
Arys-See, *m.* Lake Arys
Arzt, *m.* physician
aschbeladen, covered with ashes, ash-laden
Asche, *f.* ash, ashes
Aschenanalyse, *f.* analysis of (the) ash(es)
Aschenbestandteil, *m.* constituent of (the) ash(es)
asiatisch, Asiatic
Asien, *n.* Asia
Assimilation, *f.* assimilation
Assimilationsprodukt, *n.* product of assimilation, assimilated substance
Assimilationstätigkeit, *f.* assimilative activity, work of assimilation
assimilieren, to assimilate; **—d,** assimilative
Assiniboin, *m.* Assiniboin Indian
Assistent, *m.* assistant
Aßmannsch, Assmann's
Assyrier, *m.* Assyrian
Ast, *m.* branch, ramification
Astronom, *m.* astronomer
Astronomie, *f.* astronomy
astronomisch, astronomical
astrophysisch, astrophysical
Atem, *m.* breath
Äther, *m.* ether
Ätherdampf, *m.* vapor of ether, ether-vapor
Atlantik, *m.* Atlantic Ocean
Atlantisch, Atlantic
Atlas, *m.* Atlas Mts.
atmen, to breathe
Atmosphäre, *f.* atmosphere
Atmosphärendruck, *m.* atmospheric pressure
Atmosphärenschicht, *f.* atmospheric stratum
atmosphärisch, atmospheric(al)
Atmung, *f.* breathing
Atmungsprozess, *m.* process of breathing, respiration
Atom, *n.* atom
Atomgew. = Atomgewicht, *n.* atomic weight
Atomtheorie, *f.* atomic theory
Atomwärme, *f.* atomic heat
auch, also, even (*cf. note* **153,** 21)
Auerhase, *m.* heath-hare
Auerochs, *m.* aurochs (*cf. note* **30,** 5)
auf, on, upon, in, at, to, for, over, after
Aufbau, *m.* (up)building, structure, construction
auf-bauen, to build (up), construct; **—d,** structural, constructive
auf-bewahren, to keep, preserve
auf-decken, to uncover, disclose

auf-drängen; sich —, to force oneself upon
aufeinander, one upon another, upon each other, together; — **folgend,** successive
Aufenthalt, *m.* residence, abode
auf-fallen (ie, a), to fall upon, strike, be noticeable; —**d,** incident, striking, remarkable
auffällig, striking
auf-fangen (i, a), to catch up, intercept
auf-fassen, to conceive, comprehend, consider
Auffassung, *f.* conception, interpretation, view
auf-finden (a, u), to find (out), discover
auf-flammen, to flame up, burst into flame
auf-fordern, to summon, invite, urge
auf-führen, to set up, produce, adduce
auf-füllen, to fill up
Aufgabe, *f.* task, problem, function
auf-geben (a, e), to give up, relinquish
auf-gehen (ging —, —gegangen), to rise
auf-hängen, to suspend
auf-häufen, to heap up, accumulate
auf-heben (o, o), to raise, suspend; **sich —,** to neutralize (annul) each other
auf-hören, to cease
auf-klären, to clear up, explain
Auflage, *f.* edition
auf-lagern, to lay down (away), store up, deposit
Auflagerung, *f.* superimposure, deposition
Auflagerungsmasse, *f.* superimposed mass, (mass of) deposited material
auf-lassen (ie, a), to let (send) up, let fly, release
auf-leuchten, to flash up, gleam forth
auf-lösen, to dissolve; **sich —,** dissolve, vanish
Auflösen, *n.*, **Auflösung,** *f.* dissolving, (dis)solution
aufmerksam, attentive; — **machen,** to call attention
Aufmerksamkeit, *f.* attention
Aufnahme, *f.* taking up, appropriation; exposure (*in photography*), photograph
auf-nehmen (a, o), to take (pick) up, absorb, appropriate
auf-prägen, to impress upon, impose
auf-ragen, to tower up, project
aufrecht, upright; — **erhalten,** to maintain
aufrechtgehend, walking in an upright position, erect (on one's feet)
Aufrichtung, *f.* erection, straightening, elevation
Aufsatz, *m.* essay, treatise
auf-saugen, to suck up, extract
auf-schlagen (u, a), to open, consult (a book)
Aufschluß, *m.* disclosure, information, light
Aufschwung, *m.* soaring, rise, advance, improvement
auf-sehen (a, e), to look up
Aufsehen, *n.* sensation

auf-speichern, to store up (away)
auf-steigen (ie, ie), to ascend, rise
auf-stellen, to set up, construct, establish, propose
Aufstieg, *m.* ascent, ascension
auf-strömen, to stream (flow) upwards
auf-tanzen; auf- und abtanzen, to dance up and down
auf-tauchen, to emerge, appear
auf-tauen, to thaw (out)
auf-treten (a, e), to tread upon, trample; step forth, appear, arise, occur
Auftreten, *n.* appearance, occurrence
aufwärts, upward(s)
auf-weisen (ie, ie), to exhibit, display, (have *or* be able to) show
auf-wenden, to bestow upon, employ, expend
auf-werfen (a, o), to throw (bring) up, suggest
auf-winden (a, u), to wind (up)
auf-wogen; auf- und abwogen, to rise and fall, undulate
Aufwölbung, *f.* arching, curvature, convexity
auf-zählen, to enumerate
auf-zeichnen, to note down, record
Augapfel, *m.* eye-ball
Auge, *n.* eye; **in die Augen fallend = augenfällig**
Augenblick, *m.* moment, instant
augenblicklich, instantaneous, momentary; at a given moment, (at) present
Augenbrauenbogen, *m.* orbital (superciliary) arch
augenfällig, evident, noticeable, striking
Augenhintergrund, *m.* posterior optic region
Augenmerk, *n.* gaze, attention
Augenschein, *m.* appearance(s)
augenscheinlich, evident, obvious
Augenzeuge, *m.* (eye-)witness
Augit, *m.* augite, pyroxene
August, *m.* August
Aurignacien, *n.* Aurignacian (culture *or* period)
Aurignacrasse (-Rasse), *f.* Aurignacian race
aus, out (of), from, of, for (*cf. note* **3,** 3)
aus-atmen, to exhale
Ausbeute, *f.* booty, yield, store
aus-bilden, to form, develop
Ausbildung, *f.* formation, development
aus-blasen (ie, a), to blow out
aus-bleiben (ie, ie), to fail to appear
Ausbleiben, *n.* absence
aus-breiten, to spread out, extend, propagate
Ausbreitung, *f.* spread(ing out), extension, dissemination
Ausbruch, *m.* outbreak, eruption
Ausbruchswolke, *f.* eruptive cloud
aus-dauern, to last, continue; **—d,** permanent, perennial
aus-dehnen, to stretch out, extend; **sich —,** expand; **ausgedehnt,** extended, spatial
Ausdehnung, *f.* extension, extent, expansion
Ausdehnungskoeffizient, *m.* coefficient of expansion
Ausdruck, *m.* expression; **zum — kommen,** to be expressed (indicated)

aus-drücken, to express
auseinander, apart, asunder
auseinander-stehen (stand —, — gestanden), to stand apart
aus-fallen (ie, a), to turn out
aus-fällen, to precipitate
aus-flachen; sich —, to flatten out
aus-führen, to carry out, execute, perform, make, amplify
ausführlich, detailed, circumstantial; in detail
Ausführung, *f.* carrying out, execution
aus-füllen, to fill (up), occupy
Ausgabe, *f.* edition
Ausgangsmaterial, *n.* crude material
Ausgangswert, *m.* initial value (amount)
aus-gehen (ging —, —gegangen), to go (start) out, proceed; **darauf —,** aim at
ausgezeichnet, *s.* **aus-zeichnen**
ausgiebig, fruitful, generous
aus-glätten, to smooth out
aus-gleichen (i, i), to equalize, compensate
aus-graben (u, a), to excavate, unearth
Ausgrabung, *f.* excavation
aus-hauchen, to exhale
aus-höhlen, to hollow out, excavate
Ausläufer, *m.* offshoot
Auslese, *f.* selection
aus-löschen, to extinguish
aus-lösen, to loosen, set free (in motion), inaugurate
aus-machen, to constitute, determine
Ausmündung, *f.* mouth (*of a river*), outlet
Ausnahme, *f.* exception
ausnahmslos, without exception
ausnahmsweise, exceptionally
aus-nehmen, (a, o); sich —, to look, appear, be contrasted
aus-prägen, to stamp, mark (distinctly); **ausgeprägt,** distinct, characteristic
aus-pressen, to press out
aus-pumpen, to pump out
aus-räumen, to clear away, remove
aus-rechnen, to calculate
aus-reichen, to suffice; **—d,** sufficient
Ausreifung, *f.* ripening, maturation
aus-sagen, to say, state, affirm
aus-schachten, to sink a shaft, dig (hollow) out
aus-schalten, to exclude, except
aus-scheiden (ie, ie), to separate, give off, disengage, precipitate
Ausscheidung, *f.* separation, precipitation
aus-schicken, to send out
aus-schließen (o, o), to exclude, debar; **sich —,** be mutually exclusive; **ausgeschlossen,** out of the question, impossible
ausschließlich, exclusively
aus-sehen (a, e), to look, appear
Aussehen, *n.* appearance
außen, without, (on the) outside
aus-senden, to send forth, emit
Außenluft, *f.* outer air
Außenwelt, *f.* external world
Außenzone, *f.* outer zone, upper region

außer, outside of, apart from, beyond, except, besides
äußer–, outer, external; **das Äußere,** exterior, externals; **äußerst,** outermost, extreme
außerdem, besides, moreover
außergermanisch, non-Germanic
außergewöhnlich, extraordinary
außerhalb, outside of, beyond
äußern, to utter, manifest, express, exhibit
außerordentlich, extraordinary, extreme, very
äußerst, *s.* **äußer–**
aus-setzen, to expose
Aussicht, *f.* prospect
aus-sprechen (a, o), to pronounce, express, state; **ausgesprochen,** pronounced, clear
aus-statten, to furnish, equip
aus-sterben (a, o), to die out, become extinct
aus-strahlen, to radiate, emit
Ausstrahlung, *f.* radiation
Australneger, *m.* Australian negro
aus-strecken, to stretch out, extend
Ausströmung, *f.* outflow, discharge, emanation
aus-treten (a, e), to step out, emerge
aus-trocknen, to dry out
aus-üben, to exercise, exert, practise
aus-wachsen (u, a), to grow out
Auswahl, *f.* choice; **eine — treffen,** to make a selection
aus-wählen, to select
aus-wandern, to emigrate
Auswanderung, *f.* emigration
aus-weichen (i, i), to yield, evade, deviate, withdraw
aus-zeichnen, to mark out, characterize, distinguish; **ausgezeichnet,** distinguished, excellent
aus-ziehen (zog —, —gezogen), to draw out; **ausgezogen,** extended, pronounced, exaggerated
Auszug, *m.* extract, abridgment
Autorität, *f.* authority
Avogadrosch, Avogadro's

B

Babylonier, *m.* Babylonian
Bach, *m.* brook
Bacille, *f.* bacillus
backen (u, a), to bake
Bahn, *f.* path, track, course, orbit; **sich — brechen,** to force one's way, break through, enter
bahnen, to open the way, clear a path (**Weg**)
Bakterium, *n.* bacterium
bald, soon, shortly, quickly (*cf. note* **117,** 12)
Balkanhalbinsel, *f.* Balkan Peninsula
ballen; sich —, to become spherical, form a globe
Ballon, *m.* balloon.
Ballonfahrt, *f.* voyage by balloon, balloon ascension
Ballonregistrierung, *f.* record taken with a balloon, aeronautical record
Ballungsakt, *m.* act (process) of agglomeration
Band, *m.* (*pl.* **Bände**), volume

Band, *n.* (*pl.* **Bande**), bond, fetter; (*pl.* **Bänder**), band, ribbon
Bank, *f.* bench
bannen, to bind by a spell, pin (hold) down, confine
Bär, *m.* bear
Barbar, *m.* barbarian
Bärenkiefer, *m.* jaw-bone of a bear
Bärenklaue, *f.* bear's claw
Barometer, *n.* barometer
Barrowstraße, *f.* Barrow Strait
Baryumplatincyanür, *n.* barium platinocyanide
Basalt, *m.* basalt
Basis, *f.* basis, base
Bast, *m.* bast
Bau, *m.* (*pl.* **Baue** *or* **Bauten**), building, edifice, construction, structure, fabric
Bauchrippe, *f.* abdominal (lumbar) rib
bauen, to build, cultivate, grow, till
Bauer, *m.* farmer, peasant
Bauernvolk, *n.* agricultural race
Baum, *m.* tree
Baumeister, *m.* builder, architect
Baumgrenze, *f.* timber-line
baumlos, treeless
Baumsarg, *m.* coffin hollowed out of the trunk of a tree, log coffin
Baumstamm, *m.* trunk (of a tree)
Baumwollsamenöl, *n.* cotton-seed oil
Baumwuchs, *m.* tree-growth, trees, higher vegetation
Bauplan, *m.* structural design
Baustein, *m.* building stone, structural unit
Bausteinchen, *n. diminutive of* **Baustein**
Bauten, *s.* **Bau**
Bauwerk, *n.* structure, edifice
Bayern, *n.* Bavaria
Bd. = **Band,** *m.*
beabsichtigen, to intend, purpose
Beachtung, *f.* consideration, notice, regard
beanspruchen, to lay claim to
beantworten, to answer
bearbeiten, to work at (upon), treat
Bearbeitung, *f.* treatment, workmanship
bebrüten, to brood, subject to incubation
Becher, *m.* beaker, cup, bowl
Becherglas, *n.* beaker
Becken, *n.* basin
Becquerelstrahlen, *m. pl.* Becquerel rays
bedauern, to pity, regret
bedecken, to cover, overlie
bedenken (—**dachte,** —**dacht**), to consider, care for, provide, supply
bedeuten, to signify, mean; —**d,** significant, considerable, important, great
bedeutsam, significant, important
Bedeutung, *f.* significance, importance
bedeutungsvoll, significant, momentous
bedienen, to serve; **sich** —, make use of, employ
bedingen, to (make) condition(s), settle, determine, involve, render necessary
Bedingung, *f.* condition, limitation, requirement
bedürfen, to need, require, want

Bedürfnis, *n.* want, requirement, demand
beeinflussen, to influence, affect
Beeinflussung, *f.* influence
beenden, to end, finish
beerdigen, to bury
Befähigung, *f.* capacity, qualification
befestigen, to make firm, fasten
befinden (a, u); sich —, to find oneself, be found (situated), be
befindlich, existing, situated, present
befolgen, to follow, obey, observe
befördern, to forward, convey, push, drive (upward)
befreien, to free, liberate
befremden, to appear strange; **—d,** strange, surprising
befriedigen, to satisfy; **—d,** satisfactory
befruchten, to fertilize
Befund, *m.* findings, report; existence, presence (*cf.* **befinden**)
begaben, to bestow upon, provide with, endow
begeben (a, e); sich —, to betake oneself, go
begegnen, to meet, come together, be presented
begießen (o, o), to water, sprinkle
Beginn, *m.* beginning
beginnen (a, o), to begin
beglaubigen, to attest, corroborate
begleiten, to accompany
Begleiterin, *f.* companion, attendant
begreifen (i, i), to comprehend, understand; **begriffen,** engaged *or* found (in), occupied (with), undergoing
begrenzen, to bound, border, limit, circumscribe
Begrenzung, *f.* boundary, demarcation, limit(s)
Begriff, *m.* concept, idea
begründen, to lay the foundation (for), establish, base; **begründet sein,** be founded, find (its) explanation
begünstigen, to favor
behandeln, to treat, deal with
Behandlung, *f.* treatment
behauen (*p.p.* **behauen**), to (rough-)hew, chip
behaupten, to assert, maintain
Behauptung, *f.* assertion
Behausung, *f.* building of houses, housing, domicile, abode
behelfen (a, o); sich —, to make shift, get along with
beherbergen, to harbor, shelter
beherrschen, to rule over, govern, hold sway, control
behindern, to hinder, check
bei, at, near, upon, among, under, during, with (regard to), in (the case of), in consequence of, in the writings of (*cf. note* **206,** 11)
bei-behalten (ie, a), to keep, retain
beide, both, two
beieinander, together
bei-folgen, to follow, be subjoined
bei-geben (a, e), to add, subjoin
bei-gesellen, to associate, join
Beil, *n.* hatchet, axe
bei-legen, to attribute
bei-mengen, to admix, blend
Beimengung, *f.* admixture
bei-messen (a, e), to attribute, ascribe

Bein, *n.* bone, leg
beinahe, almost
Beinhülle, *f.* trousers
Beispiel, *n.* instance, example; **zum —,** for example
beispielsweise = **zum Beispiel**
Beitrag, *m.* contribution
bei-tragen (u, a), to contribute
bejahen, to affirm, answer in the affirmative
bekannt, (well-)known, acquainted
bekanntlich, as is well known
bekommen (a, o), to get, obtain
belaubt, covered with foliage, in full leaf (*cf.* **Laub**)
beleben, to give life to, endow with life, animate
belegen, to overlay, cover
beleuchten, to light up, illuminate
Beleuchtung, *f.* illumination
Belgien, *n.* Belgium
belichten, to expose to the light
Belichtung, *f.* exposure to light
beliebig, at pleasure, as may be desired, any . . . whatever
bemächtigen; sich —, to take (get) possession of
bemannen, to man, fit out with a crew
bemerkbar, noticeable, observable, perceptible
bemerken, to remark, notice, observe
bemerkenswert, noticeable, remarkable
bemessen (a, e); sich —, to be measured
benachbart, neighboring, adjacent
benennen (—nannte, —nannt), to name, call
Benennung, *f.* naming, designation
benutzen, to use, employ
Benutzung, *f.* employment, utilization
beobachten, to observe
Beobachter, *m.* observer
Beobachtung, *f.* observation
Beobachtungsergebnis, *n.* result of observation
Beobachtungsmittel, *n.* means of observation
Beobachtungsort, *m.*, **Beobachtungsplatz,** *m.* place of observation
Beobachtungsreihe, *f.* series of observations
Beobachtungszentrum, *n.* center of observation (meteorological station)
bequem, convenient, easy, comfortable
berechnen, to calculate
Berechnung, *f.* calculation
berechtigen, to justify
Bereich, *m.* reach, sphere, domain, realm
bereit, ready, available
bereitliegend, lying ready, previously prepared
bereits, already
Berg, *m.* mountain
bergen (a, o), to conceal, shelter, shield
Berggipfel, *m.* mountain-top
Bergkrankheit, *f.* mountain-sickness
Bergobservatorium, *n.* mountain observatory
Bergrücken, *m.* (mountain-)ridge, dorsum

Bergsturz, *m.* land-slide
Bericht, *m.* report
berichten, to report, inform
Berliner, Berlin (*adj.*)
Bernstein, *m.* amber
Bernsteinschmuck, *m.* amber ornament(ation)
berücksichtigen, to consider, take into account
Berücksichtigung, *f.* consideration, regard
beruhen, to rest, be based
berühmt, famous, noted
berühren, to touch (upon)
Berührung, *f.* touch(ing), contact
Berührungspunkt, *m.* point of contact
besäen, to sow, bestrew
besagen, to say, state, purport
Beschaffenheit, *f.* constitution, nature, character
beschäftigen, to occupy, engage; **sich —,** to busy oneself, be occupied
bescheinen (ie, ie), to shine upon, illuminate
beschlagen (u, a), to cover, coat
beschränken, to limit
Beschränkung, *f.* limitation
beschreiben (ie, ie), to describe
Beschreibung, *f.* description
beseitigen, to do away with, remove
Besen, *m.* broom
besetzen, to set, border, cover, occupy
besiedeln, to colonize, occupy, settle
Besitz, *m.* possession
besitzen (—saß, —sessen), to possess, have
besonder, particular, special, unusual; **—s,** in particular, especially
besorgen, to care (provide) for
besprechen (a, o), to discuss
Besprechung, *f.* discussion
bespülen, to wash
besser, better
best, best; **am besten,** best, preferably
beständig, constant, continual, fixed, permanent
Bestandteil, *m.* constituent, element
bestätigen, to confirm, corroborate
Bestätigung, *f.* confirmation
bestatten, to bury, inter
Bestattung, *f.* burial, interment
Bestäubungsvermittler, *m.* pollenizing agent
bestehen (—stand, —standen), to persist, exist, be, consist (of = **aus**); **für sich bestehend,** self-existent, distinct
bestenfalls, at best
bestimmbar, determinable
bestimmen, to determine; **bestimmt,** determined, certain, definite
Bestimmtheit, *f.* certainty
Bestimmung, *f.* determination, estimate
Bestrahlung, *f.* irradiation, insolation
Bestreben, *n.* effort, endeavor
bestreiten (i, i), to contest, defray, supply
besuchen, to visit
Besucher, *m.* visitor
Betastrahl, *m.* beta ray

Betätigung, *f.* employment of one's powers, activity, practise
beteiligen; sich —, to take part, participate; **beteiligt sein,** to participate, be concerned (involved)
Beteiligung, *f.* participation
betonen, to stress, emphasize
Betracht, *m.* regard, consideration, account
betrachten, to regard, consider, examine, observe
beträchtlich, considerable, extensive
Betrachtung, *f.* consideration, observation, reflection
Betrachtungsweise, *f.* manner of regarding an object, view
Betrag, *m.* amount
betragen (u, a), to amount to
betreffen (a, o), to befall, attack, concern; **—d,** in question, respective; **was das betrifft,** as to that; so far as that is concerned
Betriebskraft, *f.* driving (motive) power, energy
Betriebsmaterial, *n.* working- (rolling-)stock, raw material
Betriebswärme, *f.* heat which causes growth *or* activity, functional heat
Betriebswasser, *n.* water required for growth *or* functional activity
beurteilen, to judge
Beurteilung, *f.* (passing) judgment
bevölkern, to people, populate, inhabit
Bevölkerung, *f.* population, inhabitants
bevor, before
bevor-stehen (stand —, —gestanden), to be at hand, impend
bevorzugen, to favor; **bevorzugt,** (specially) favored
bewachsen (u, a), to overgrow
Bewachung, *f.* watching, guarding
bewahren, to preserve, retain
bewähren; sich —, to prove (true), turn out to be
Bewässerung, *f.* watering, irrigation
bewegen, to move, set in motion, stir; **sich —,** move, tend; **bewegt,** in motion, moving
beweglich, movable, shifting, unsteady, unstable
Bewegung, *f.* motion, movement, impulse
Bewegungserscheinung, *f.* phenomenon of motion, motor phenomenon
Bewegungsfähigkeit, *f.* capability of motion, power of movement
Bewegungsorgan, *n.* motor organ
Bewegungsphänomen, *n.* = **Bewegungserscheinung**
Bewegungsrichtung, *f.* direction of movement
Bewegungsunterschied, *n.* difference in (of) motion
Bewegungsvorgang, *m.* motor process, movement
Beweis, *m.* proof
beweisen (ie, ie), to prove, confirm
bewerfen (a, o), to pelt, plaster, coat
bewirken, to effect, bring about, induce
bewohnen, to inhabit, occupy

Bewohner, *m.* inhabitant, denizen
Bewohnung, *f.* habitation, occupation (*as a home*)
Bewölkung, *f.* overspreading with clouds, cloudiness
bewundernswert, admirable
bewußt, conscious
bez. = **beziehungsweise**
bezeichnen, to mark, denote, designate, characterize; **—d,** characteristic
Bezeichnung, *f.* designation, term
bezeugen, to attest, prove (*cf.* **Zeuge**)
beziehen (—zog, —zogen), to draw, derive, obtain; refer, bring in relation; **sich —,** relate, refer, apply (to = **auf**)
Beziehung, *f.* relation(ship), respect, regard; **in letzter —,** in the final analysis
beziehungsweise, respectively, or (perhaps), or (else)
bezug, *s. note* **183,** 16
bezüglich, relative (in respect) to
bezweifeln, to doubt, call in question
Biber, *m.* beaver
biegen (o, o), to bend
Bier, *n.* beer
bieten (o, o), to offer, present
Bild, *n.* image, picture, representation, illustration, idea
bilden, to form, fashion; **sich —,** be formed, develop
bildlich, pictorial, figurative
Bildung, *f.* (con)formation, structure
Billion, *f.* billion
binär, binary
binden (a, u), to bind (up), combine, attach, unite
Bindung, *f.* binding, annexation, fixation
Binnlandpflanze, *f.* inland plant
biochemisch, biochemical
Biolog, *m.* biologist
Biologie, *f.* biology
biologisch, biological
Biosphäre, *f.* biosphere
Biotit, *m.* biotite, black mica
Birke, *f.* birch
Birne, *f.* pear
bis, as far as, (up) to, until
bisher, hitherto, up to the present
bisherig, that has yet occurred, previous, foregoing
bisweilen, sometimes, at times
Bläschen, *n.* little bubble, vesicle
Blase, *f.* bubble, blister, vesicle
blasen (ie, a), to blow
Blasinstrument, *n.* wind-instrument
Blatt, *n.* leaf
Blättchen, *n.* leaflet, plate.
Blattfläche, *f.* surface of a leaf, leaf-blade
blattförmig, leaf-shaped, lamelliform, flat
Blattgelb, *n.* xanthophyll
Blattgrün, *n.* chlorophyll
Blattspreite, *f.* leaf-blade
Blattstiel, *m.* leaf-stalk, petiole
Blattsucculenten, *f. pl. s.* **Stammsucculenten**
blau, blue
bläuen, to make (turn) blue
blaugrün, bluish green
Blech, *n.* sheet (of metal), plate
Blechdose, *f.* metal case, box of sheet metal

Blei, *n.* lead
bleiben (ie, ie), to remain, persist, be constant; **stehen —,** stop
bleichen, to bleach
Bleitrog, *m.* leaden tray, lead dish
Blick, *m.* look, glance, (in)sight, vision
blicken, to look, glance
Blitz, *m.* lightning, flash
bloß, bare, naked, mere
blühen, to bloom, blossom
Blut, *n.* blood
Blüte, *f.* blossom, flower (*s. also* **Blütezeit**), anthesis
Blütenkolben, *m.* spadix, spike
Blütenpflanze, *f.* flowering plant, phaenogam
Blütenstadium, *n.* stage (period) of florescence, anthesis
Blütenstand, *m.* flower-cluster, inflorescence
Blütezeit, *f.* time of flowering, prime, heyday, flower
Blutkörperchen, *n.* blood-corpuscle
Blutsverwandtschaft, *f.* blood-relationship, consanguinity
Blutzelle, *f.* blood-cell, blood-corpuscle
Boden, *m.* ground, bottom, floor, soil
Bodenbeschaffenheit, *f.* character of the soil
Bodeneis, *n.* underground ice, frozen subsoil
Bodenfeuchtigkeit, *f.* moisture of the soil
Bodentemperatur, *f.* temperature of the soil
Bodenwärme, *f.* heat (temperature) of the soil, temperature at the bottom
Bodenwasser, *n.* water at the bottom, lowest stratum of water
Bogenlampe, *f.* arc lamp
Bogenlicht, *n.* arc light
Böhmen, *n.* Bohemia
bohren, to bore
Bohrer, *m.* borer, boring tool, awl
Bohrloch, *n.* bore-hole
Bohrung, *f.* boring, bored hole
Boot, *n.* (small) boat
borattragend, borate bearing
Bord, *m.* board
Botanik, *f.* botany
Botaniker, *m.* botanist
botanisch, botanical
Bote, *m.* messenger
Brandung, *f.* surf
Brasilien, *n.* Brazil
brauchbar, useful, available
brauchen, to use, need
braun, brown
Braunkohle, *f.* lignite
Braunkohlenflöz, *n.* layer (seam) of lignite
Braunschweig, *n.* Brunswick
brechen (a, o), to break, refract
Brechung, *f.* breaking, refraction
breit, broad, wide
Breite, *f.* breadth, width, latitude
Breitegrad, *m.* degree of latitude
Breitenlage, *f.* latitude
Breitenzone, *f.* latitudinal zone
brennbar, combustible
brennen (brannte, gebrannt), to burn
Brennpunkt, *m.* focus
Brennraum, *m.* focal area
Brennspiegel, *m.* burning-mirror, reflector
Brennweite, *f.* focal distance

bringen (brachte, gebracht), to bring, place
britisch, British
Brocasch, Broca's
Brom, *m.* bromine
Bromdampf, *m.* bromic vapor
Bronze, *f.* bronze, bronze object
Bronzealter, *n.* bronze age
Bronzefund, *m.* discovery of bronze objects, bronze relic
Bronzegegenstand, *m.* bronze object
Bronzeperiode, *f.* = **Bronzealter**
Bronzeschwert, *n.* bronze sword
Bronzewaffe, *f.* bronze weapon
Bronzezeit, *f.* = **Bronzealter**
Brotfruchtbaum, *m.* breadfruit tree
Bruchstück, *n.* fragment
Bruchteil, *m.* fraction, part
Brüssel, *n.* Brussels
Buch, *n.* book
Buche, *f.* beech
Buchenblatt, *n.* beech leaf
Buchenlaub, *n.* foliage of the beech, beech leaves
Buchenwald, *m.* beech forest
Büchlein, *n.* little book, booklet
Buchstabe, *m.* letter
buchstäblich, literal
Bucht, *f.* bay, inlet
Büffel, *m.* buffalo
Bündel, *n.* bundle, bunch
Bunsenflamme, *f.* flame of the Bunsen burner
bunt, many colored, gay
Buntsandstein, *m.* New Red Sandstone, Bunter
Buran, *m.* buran
Buttersäure, *f.* butyric acid
bzw. = **beziehungsweise**

C

C = **Cap** *or* **Celsius(-Skala)**
ca. = **circa**, circa, about
Calcium, *n.* calcium
Calciumsalz, *n.* calcium salt
Californien, *n.* California
cambrisch, Cambrian
Cap, *n.* Cape
Carpinus (*Lat.*), *s. note* **122**, 20
Cäsiumsalz, *n.* caesium salt
ccm = **Kubikzentimeter**
cellula (*Lat.*), *s. note* **68**, 9
Celsiusgrad, *m.* degree on the Celsius thermometer
Celsius-Skala, *f.* Celsius scale, centigrade thermometer
Cenoman, *m.* Cenomanian
Chaos, *n.* chaos
Charakter, *m.* character(istic)
charakterisieren, to characterize
charakteristisch, characteristic
Chelléo-Moustérien, *n.* Chelleo-Mousterian (culture *or* period)
Chelléo-Moustérienkultur, *f.* Chelleo-Mousterian culture (civilization)
Chemie, *f.* chemistry
Chemiker, *m.* chemist
chemisch, chemical
chemisch-physikalisch, chemico-physical
Chemismus, *m.* chemism, chemical activity
Chlor, *n.* chlorine
Chloratom, *n.* atom of chlorine
Chlorgas, *n.* chlorine(-gas)
Chlorid, *n.* chloride
Chlorkalium, *n.* potassium chloride
Chloroform, *n.* chloroform

Chloroformdampf, *m.* vapor of chloroform
Chlorophyll, *n.* chlorophyll
Chlorophyllband, *n.* chlorophyll band
Chlorophyllfunktion, *f.* function of (the) chlorophyll, chlorophyll-ligenous activity
Chlorophyllkorn, *n.* chlorophyll grain (granule)
Chlorwasserstoff, *m.* hydrogen chloride
Chr. = **Christus,** *m.* Christ
Chromosphäre, *f.* chromosphere
Chylus, *m.* chyle
Chymusbrei, *m.* chyme
Cirrus, Cirro-Cumulus, *etc.*, *s. note* **205**, 3
Cirrusform, *f.* cirrus form
Cirrusregion, *f.* region of the cirrus clouds
Cirruswolke, *f.* cirrus cloud
cm = **Zentimeter**
Compositen, *f. pl.* Compositae
contractil, contractile
Coronium, *n.* coronium
Cro-Magnonrasse, *f.* Cro-Magnon race
Cromlech, *n.* cromlech
Cumulus, *m.* cumulus
Cumulusbildung, *f.* formation of cumulus clouds
Cumulusform, *f.* cumulus form
Cuticula, *f.* cuticula
cyklisch, cyclic
Cytoblastem, *n.* cytoblastema

D

da, there, then; since
dabei, thereat, in this case, at the same time
Dach, *n.* roof
Dachshund, *m.* badger-dog, dachshund
dadurch, through it (this), thereby, by this means, in this way
dafür, for that (this), in place of that, on the other hand
dagegen, against it, on the other hand, in comparison
daher, thence, hence, therefore
dahin, thither, to that place (time)
dahin-fahren (u, a), to travel along, rush, sweep
dahin-fließen (o, o), to flow (along)
dahin-stellen, to put aside; **dahingestellt bleiben,** to remain undecided
dahin-stürmen, to rush along
damals, at that time, then
damit, therewith, herewith, with that, thereby, accordingly; in order that
Dämmerungserscheinung, *f.* crepuscular phenomenon
Dämmerungsstrahl, *m.* crepuscular ray
Dampf, *m.* vapor, steam
Dampfer, *m.* steamer
dampfförmig, in the form of vapor, vaporized
Dampfmaschine, *f.* steam engine
danach, after (according to) that, consequently, accordingly
daneben, near (beside) it, in addition, moreover
Dänemark, *n.* Denmark
dänisch, Danish
dank, thanks to, owing to
dann, then

daran, on (of, by) that (it), in (to) this
darauf, thereupon, afterwards, to this
darauf-fallen (ie, a), to fall upon (it)
daraufhin, thereupon, subsequently
darauf-liegen (a, e), to lie upon (it)
daraus, from there (this), out of that (this, *etc.*)
dar-bieten (o, o), to offer, present
darin, therein, in that (this, *etc.*)
Darmhöhle, *f.* intestinal cavity
Darminhalt, *m.* contents of the intestines
Darmkanal, *m.* intestinal canal
Darmparasit, *m.* intestinal parasite
Darmsaite, *f.* gut-string, catgut
dar-stellen, to (re)present, produce, prepare; **sich —,** appear
Darstellung, *f.* (re)presentation, preparation
darüber, thereover, above (it), about it, on this point
darüberliegend, lying above (it), overlying
darum, for that reason, therefore
darunter, under it, beneath, among them, by that
Dasein, *n.* presence, existence
Daseinsmöglichkeit, *f.* possibility of existence
daselbst, there, at that place
daß, that
da-stehen (stand —,— gestanden), to stand (there), stand out
Daten, *n. pl.* data
Dattelpalme, *f.* date palm
Dauer, *f.* duration
dauern, to last, endure; **—d,** permanent
davon, thereof, of that (this, *etc.*)
davon-tragen (u, a), to carry off, transport
davor, before (in front of) it
dazu, thereto, to (for) that (this, *etc.*)
dazwischen, between them, in between
dazwischen-liegen (a e), to lie between; **—d,** intermediate
Decke, *f.* cover(ing), blanket, bed, ceiling
decken, to cover, defray, make good
Deckschicht, *f.* overlying layer, superimposed stratum
Deckstein, *m.* stone cover
definierbar, definable
definieren, to define
Definition, *f.* definition
deformieren, to deform, alter in shape
dementsprechend, accordingly
demnach, accordingly
demzufolge, in consequence
denkbar, conceivable
denken (dachte, gedacht), to think (of); **sich** (*dat.*) **—,** to think of, imagine
Denker, *m.* thinker
denn, for, then
dennoch, yet, nevertheless
Denudation, *f.* denudation
Depression, *f.* depression, hollow
Depressionsgrenze, *f. s. note* **121,** 1
der, the; this (one), that (one); who, which
derartig, of this kind, such, similar; in such manner

derb, stout, sturdy, coarse
dereinst, once, at one (some) time
dergestalt, in such a manner
dergleichen, such, of that kind, the like
Derivat, *n.* derivative
derjenige, that, that one
derselbe, the same
desgleichen, likewise, similarly
deshalb, for that (this) reason, therefore
destillieren, to distil
desto, so much, the (more)
deswegen = **deshalb**
Detail, *n.* detail, particular(s)
Detailgestaltung, *f.* (con)formation in detail, details
Detailgliederung, *f.* arrangement in detail, details (*cf.* **gliedern**)
deuten, to point, indicate, signify
deutlich, clear
Deutlichkeit, *f.* clearness
deutsch, German
Deutsche(r), *m.* German
Deutschland, *n.* Germany
devonisch, Devonian
Dextrin, *n.* dextrine
Dezember, *m.* December
Dezennium, *n.* decade
Dezimalstelle, *f.* decimal place
d. h. = **das heißt** (*s.* **heißen**)
d. i. = **das ist**
Diastase, *f.* diastase
dicht, tight, close, dense
Dichte, *f.* density, closeness
dichten, to make close (tight), waterproof
Dichtigkeit, *f.* = **Dichte**
dick, thick, stout
Dicke, *f.* thickness
dienen, to serve
Dienerin, *f.* handmaid
Dienst, *m.* service
dienstbar, of service, subject, tributary
dies(er), this, the latter
Differenz, *f.* difference, diversity
differenzieren, to differentiate
Differenzierung, *f.* differentiation
diffus, diffuse
Diffusion, *f.* diffusion
diffusionsfähig, capable of diffusion
diluvial, diluvial, glacial
Diluvialalter, *n.* glacial age, drift epoch
Diluvialmensch, *m.* man of the glacial age
Diluvialzeit, *f* = **Diluvialalter**
Diluvium, *n.* diluvium, glacial period, Pleistocene
Dimension, *f.* dimension
Ding, *n.* thing
direkt, direct, immediate, certain, actual
Diskontinuitätsfläche, *f.* surface (plane) of discontinuity
Diskussion, *f.* discussion
Dissoziation, *f.* dissociation
divergent, divergent
divergierend, diverging, divergent
dividieren, to divide
D-linie, *f.* D line
doch, yet, after all, at any rate, surely
Dogger, *m.* Dogger
dokumentieren, to verify by documents, attest, prove
Dolch, *m.* dagger
Dolmen, *m.* dolmen
Dolomit, *m.* dolomite

Donauländer, *n. pl.* lands bordering on the Danube, Danubian countries
Donner, *m.* thunder
donnern, to thunder, reverberate
Doppelgestirn, *n.* double star, twin heavenly bodies
Doppelmetall-Lamelle, *f.* bimetallic lamella (plate)
doppelt, double, twice
dorfartig, village-like
Dornstrauch, *m.* thorn-bush (*cf. note* **110,** 16)
dort, there, yonder
dorthin, thither
Drachen, *m.* kite
Drachenaufstieg, *m.* kite ascension
Drachenregistrierung, *f.* (meteorological) record taken with a kite, kite-record
Drachenstation, *f.* (meteorological) observatory equipped with kites, kite station
Draht, *m.* wire
drängen, to press, crowd, push
draußen, outside, without, out of doors
drehen, to turn, twist; **sich —,** revolve
Drehung, *f.* revolution
Drehungspol, *m.* pole of (the axis of) revolution
drei, three
Dreieck, *n.* triangle
dreifach, threefold, treble
dreihundert, three hundred
dreikantig, three edged
dreimal, three times, thrice
dreißig, thirty
Driftprodukt, *n.* drifting (floating) object, driftage
Drifttransport, *m.* conveyance by drifting, current-transportation
Driftzone, *f.* zone affected by current-transportation, drift zone
dringen (a, u), to press, push one's way, penetrate
dritt–, third
Drittel, *n.* third
drittens, thirdly
Druck, *m.* pressure
drückend, oppressive
Druckentlastung, *f.* relaxation of pressure
Druckkurve, *f.* curve representing (air) pressure, pressure-curve
Druckverschiedenheit, *f.* difference of pressure
Druckwirkung, *f.* (action of) pressure
Drüsenzelle, *f.* gland(ular) cell
du, thou, you
Dulong-Petitsch, of Dulong and Petit
Dünen, *f. pl.* dunes, sand-hills
Dünenzug, *m.* range of dunes
Dunkel, *n.* dark(ness), obscurity
dunkel, dark
dunkelblau, dark blue
Dunkelheit, *f.* darkness
dünn, thin, rare
Dünnerwerden, *n.* attenuation
Dunst, *m.* vapor, fume, haze, haziness
dunstig, vaporous, misty, hazy
Dunstschicht, *f.* hazy stratum, zone of haze
Dunsttröpfchen, *n.* globule of vapor, haze particle
Dünung, *f.* swell (of the sea), surge
durch, through, by

durchaus, throughout, decidedly, altogether, at all
durchbohren, to bore through, perforate
Durchbohrung, *f.* boring, perforation
durchbrechen (o, o), to break through, rupture
Durchbrechung, *f.* **Durchbruch,** *m.* breaking through, penetration
durchdringen (a, u), to pass through, penetrate, permeate; **sich —,** interpenetrate, combine
Durchdringungsvermögen, *n.* power of penetration
durcheilen, to hasten through (over), rush across
durch-führen, to put into effect, carry out
Durchgang, *m.* passage, transit
durchgehends, throughout, altogether, generally
durchglühen, to heat through and through, anneal, fuse (partially)
durchgreifend, thorough-going, effectual
durchlässig, porous
durch(-)laufen (ie, au), to run through (over), traverse
Durchlaufung, *f.* traversing, passage
durch-leiten, to conduct (pass) . . . through
durchlöchern, to pierce through, drive a hole, perforate
durch-machen, to go (pass) through, undergo
durchmessen (a, e), to traverse
Durchmesser, *m.* diameter
Durchmischung, *f.* intermixture, interfusion
durch(-)rechnen, to run over a calculation, re-calculate, re-examine
durchscheinend, translucent
durchschneiden (—schnitt, — schnitten), to cut through, intersect
Durchschnitt, *m.* section; mean, average; **im —,** on the average
durchschnittlich, average; on an average
Durchschnittstemperatur, *f.* average temperature
durchschreiten (i, i), to pass through, traverse
durchsetzen, to interpenetrate
durchsichtig, transparent
Durchsichtigkeit, *f.* transparency
durchsteigen (ie, ie), to pass through in rising, penetrate from below
durchstrahlen, to irradiate
Durchstrahlung, *f.* irradiation
durchtränken, to impregnate, saturate
durchwandern, to pass through (over), traverse
dürfen (durfte, gedurft), to be permitted, dare, may, can, must, will probably
dürftig, needy, scanty
Dyas, *m.* Dyas, Permian system
Dynamik, *f.* dynamics
dynamisch, dynamic
Dynamit, *n.* dynamite
dz = Doppelzentner, *m.* double hundredweight (= *100 kg.*)

E

Ebbe, *f.* ebb(-tide), reflux
ebben, to ebb, recede
eben, level, flat; just, just now, precisely, of course
Ebene, *f.* plain, plane
Ebenenpflanze, *f.* plant of the plains, lowland plant
ebenerwähnt, just mentioned
ebenfalls, likewise
ebenso, just (as), likewise, equally
ebensogut; — wie, as well as, just as
ebensoviel, just as much, equally great (far)
ebensowenig, just as little
ebensowohl, likewise
Eber, *m.* boar
ebnen, to smooth, level off
Echo, *n.* echo
echt, genuine
Edda, *f.* Edda
eddisch, Eddic
edel, noble
Edelgas, *n.* noble gas
Edelstein, *m.* precious stone, gem
Effekt, *m.* effect
effektiv, effective, actual
ehe, before
ehemalig, previous
eher, sooner, rather
Eiche, *f.* oak
Eichenstamm, *m.* trunk of the oak, oak log
Eifel, *f. s. note* **4,** 15
Eifer, *m.* zeal
eigen, own, peculiar, distinct, characteristic
eigenartig, peculiar, characteristic
Eigenschaft, *f.* property, quality, characteristic
eigentlich, proper, real, actual
eigentümlich, peculiar
Eigentümlichkeit, *f.* peculiarity
Eile, *f.* haste; — **haben,** to be in a hurry, require speed
Eimer, *m.* pail, bucket
ein, one, a, an; —**s,** one thing
einander, one another, each other
ein-atmen, to inhale
ein-betten, to embed
ein-bilden; sich (*dat.*) —, to imagine, fancy
Einblick, *m.* insight, glimpse
ein-bürgern, to naturalize, introduce, establish
ein-dringen (a, u), to penetrate, invade, enter
Eindringling, *m.* intruder
ein-drücken, to press in, impress
einerseits, on the one hand
einfach, simple
ein-fallen (ie, a), to fall in (upon), strike
ein-fangen (i, a), to entrap, capture
einfarbig, monochromatic
Einfluß, *m.* influence
ein-fügen, to fit in, incorporate
ein-führen, to introduce
Einführung, *f.* introduction
ein-gehen (ging —, —gegangen), to go in, enter into *or* upon (**auf**), discuss; decline, perish
einhalb, one half
ein-halten (ie, a), to observe strictly, adhere to
einheimisch, native, indigenous

Einheit, *f.* unity, unit, unitary system, monad
einheitlich, uniform, unified, undifferentiated, one and the same, coherent
einher-gehen (ging —, —gegangen), to go along, proceed, keep pace
ein-holen, to draw (haul) in, overtake
einiger, some; *pl.* several, a few, any
einjährig, annual
Einjährigkeit, *f.* existence as an annual (plant)
Einlagerung, *f.* embedded substance, insert(ion)
ein-lassen (ie, a), to admit, insert; **sich —,** enter into
ein-leiten, to introduce, start, inaugurate
Einleitung, *f.* introduction
einleuchtend, clear, obvious
einmal, once, sometime, in the first place, for the time being; **nicht —,** not even; **noch —,** once more
ein-nehmen (a, o), to occupy
ein-ordnen, to arrange
ein-richten, to arrange, adjust, adapt
Einrichtung, *f.* arrangement, contrivance, mechanism
ein-schalten, to insert, embed
ein-schätzen, to appraise, rate, value
ein-schließen, (o, o) to enclose
einschließlich, inclusive (of), including
ein-schmelzen (o, o), to fuse, seal up (by fusing)
ein-schneiden (schnitt —, —geschnitten), to cut into, hollow out, erode
ein-sehen (a, e), to see (into), understand
einseitig, one sided, from (in) one direction
ein-setzen, to set in, begin
Einsicht, *f.* insight, discernment, view, knowledge
einst, once, at one time, some day, sometime
ein-stellen, to discontinue; **sich —,** arrive, appear
einstig, future, former
einstmals = einst
ein-strömen, to stream in, rush towards
einstweilen, for the present, temporarily
ein-tauchen, to dip, immerse
ein-teilen, to divide
Einteilung, *f.* division, arrangement, classification
ein-treten (a, e), to enter, arrive, set in, occur
Eintritt, *m.* entrance, beginning
ein-verleiben, to incorporate
einwertig, univalent
ein-wirken, to operate (upon), influence, affect
Einwirkung, *f.* operation, action, influence
Einzelheit, *f.* detail
einzellig, unicellular, of one compartment
einzeln, single, individual; **im —en,** singly, separately, in details
Einzelstein, *m.* single (detached) stone

Einzelzustand, *m.* unique condition, momentary state
einzig, sole, peculiar, single
einzigartig, unique
Eis, *n.* ice
Eisblock, *m.* block (cake) of ice
Eisboden, *m.* frozen (sub)soil
Eisdecke, *f.* covering of ice, ice sheet
Eisen, *n.* iron
Eisenbahn, *f.* railway
Eisenbahnzug, *m.* railway train
Eisendampf, *m.* vapor (fumes) of iron
Eisenfund, *m.* discovery of iron objects, iron relic
Eisenhohlkugel, *f.* hollow iron ball (projectile)
Eisenkultur, *f.* civilization of the iron age
Eisenmasse, *f.* mass of iron
Eisenperiode, *f.* = **Eisenzeit**
Eisensalz, *n.* salt of iron, ferric salt
Eisenzeit, *f.* iron age
Eisfeld, *n.* field of ice, ice-floe
eisfrei, free of ice
Eisfuchs, *m.* arctic fox
eisig, icy
eiskalt, cold as ice, icy
Eismasse, *f.* mass of ice
Eismeer, *n.* Arctic Ocean
Eisschicht, *f.* layer of ice
Eiswasser, *n.* ice water
Eiszeit, *f.* glacial age, drift epoch
Eiszeitforschung, *f.* study (investigation) of the glacial age
eiszeitlich, of the glacial age
Eiszeitperiode, *f.* period (subdivision) of the glacial age
Eitelkeit, *f.* vanity
Eiweiß, *n.* albumin, protein
Eiweißkörper, *m.* protein body, proteid
Eiweißmolekül, *n.* albumin molecule
Eiweißsubstanz, *f.* protein substance, proteid
Eizelle, *f.* egg cell, ovule of an egg
Ekaaluminium, *n.* eka-aluminium
Ekabor, *n.* eka-boron
Ekasilicium, *n.* eka-silicon
eklatant, shining, clear, striking
Ekliptik, *f.* ecliptic
elastisch, elastic
Eleganz, *f.* elegance
elektrisch, electric
Elektrizität, *f.* electricity
Elektrolyse, *f.* electrolysis
Elektron, *n.* electron
Elektronenwirbel, *m.* vortex of electrons
Element, *n.* element
elementar, elementary
Elementareinheit, *f.* elementary unit
Elementarorganismus, *m.* elementary organism
Elementarteil, *m.* elementary part, element
Elementgruppe, *f.* group of elements
Elephas (*Lat.*) = **Elefant,** *m.* elephant
elf, eleven
Elfenbein, *n.* ivory
elfjährig, of eleven years, undecennial
Emanation, *f.* emanation
Emanationsspektrum, *n.* spectrum of the emanation (*of radium*)
Embryologie, *f.* embryology
emers, emersed

empfangen (i, a), to receive
Empfindlichkeit, *f.* sensitiveness, sensitivity
empor-heben (o, o), to raise, elevate, uplift
empor-ragen, to tower, project
empor-reißen (i, i), to snatch up, elevate (*with violence*)
empor-schießen (o, o), to shoot up
empor-schleudern, to hurl upward, project, expel
empor-steigen (ie, ie), to ascend, rise
empor-wachsen (u, a), to grow up, develop
Ende, *n.* end
enden, to end
endgültig, final, definitive, without appeal
endigen, to come to an end
Endknospe, *f.* terminal bud
endlich, final
endogen, endogenous, internal
Endprodukt, *n.* final product
Endstadium, *n.* final stage
endständig, terminal
Endstück, *n.* end-piece, tip
Energie, *f.* energy
Energiemenge, *f.* amount of energy
Energievorrat, *m.* supply of energy
energisch, energetic
eng(e), narrow, close, confined, limited
engbegrenzt, narrowly limited
Engländer, *m.* Englishman
englisch, English
enorm, enormous
entbehrlich, dispensable, unnecessary
entblößen, to lay bare, denude
entdecken, to discover
Entdecker, *m.* discoverer
Entdeckung, *f.* discovery
entfallen (ie, a), to escape, be apportioned, fall
entfalten, to unfold, develop, display
Entfaltung, *f.* unfolding, development, expanse, quantity
entfernen, to remove; **sich —**, depart; **entfernt**, removed, distant, remote
Entfernung, *f.* removal, distance
entgegen-arbeiten, to work against, oppose
entgegengesetzt, opposite, contrary
entgegen-stellen, to oppose, present
entgegen-treten (a, e), to step before, meet, oppose
entgegen-wenden (wandte —, —gewandt), to turn towards
entgegen-wirken, to operate against, oppose
enthalten (ie, a), to contain
enthüllen, to unveil, disclose, shed light upon
Entladung, *f.* discharge
entledigen; sich —, to rid (free) one's self of
entleeren, to empty, eject, extract
entnehmen (a, o), to take away, remove, extract; gather from, learn
entomophil, entomophilous
entrollen, to unroll, unfold
entscheiden (ie, ie), to decide, determine; **—d**, decisive, con-

clusive; **entschieden,** decided, decisive
entspinnen (a, o); sich —, to develop, arise
entsprechen (a, o), to correspond (to), accord with, conform, be analogous
entspringen (a, u), to spring from, arise, originate
entstammen, to spring from, originate in
entstehen (—stand, —standen), to arise, originate, spring up, come into being
Entstehung, *f.* rise, origin, formation
Entstehungsgeschichte, *f.* history of (the) origin (formation)
entströmen, to stream forth, flow from
Entwässerung, *f.* drainage
entweder, either
entwerfen (a, o), to sketch, draw, cast (*a shadow*)
entwickeln, to develop, set forth, explain; **sich —,** develop, evolve
Entwick(e)lung, *f.* development, evolution, production
Entwickelungsgang, *m.* course of development
Entwickelungsgeschichte, *f.* historical development, evolutionary history
Entwickelungslinie, *f.* line of development
Entwickelungsprozeß, *m.* process of development, evolutionary process
Entwickelungsstadium, *n.*, **Entwickelungsstufe,** *f.* stage of development
entwurzeln, to uproot
Entziehung, *f.* withdrawal
entzünden, to kindle, ignite, light
Entzündung, *f.* inflammation
Eolith, *m.* eolith
Eozän, *n.* Eocene
Epen, *s.* **Epos**
ephemer, ephemeral
Epidermis, *f.* epidermis
Epoche, *f.* epoch
Epos, *n.* (*pl.* **Epen**), epic (poem)
Equisetum, *n.* Equisetum, horsetail
er, he, it
erbauen, to build up, erect
erbeuten, to secure booty, capture
Erblichkeitsforschung, *f.* study of heredity
erblicken, to catch sight of, see
Erbstück, *n.* heirloom, legacy
Erdachse, *f.* axis of the earth
Erdäquator, *m.* earth's equator
Erdatmosphäre, *f.* earth's atmosphere
Erdbahn, *f.* earth's orbit
Erdball, *m.* terrestrial sphere, earth
Erdbeben, *n.* earthquake
Erdboden, *m.* ground, earth, soil
Erddichte, *f.* earth's density
Erddurchmesser, *m.* diameter of the earth
Erde, *f.* earth
Erdenraum, *m.* district, region
Erdgeschichte, *f.* earth's (geological) history
erdgeschichtlich, pertaining to the history of the earth, geological
Erdhalbmesser, *m.* earth's radius
Erdhälfte, *f.* hemisphere (of the earth)
Erdhügel, *m.* hill of earth

Erdinneres, *n.* interior of the earth
Erdkern, *m.* central mass (core) of the earth
Erdkruste, *f.* crust (shell) of the earth
Erdkugel, *f.* = **Erdball**
Erdmasse, *f.* mass of the earth
erdnah(e), near the earth
Erdnußöl, *n.* arachis oil
Erdoberfläche, *f.* surface of the earth
Erdraum, *m.* = **Erdenraum**
Erdreich, *n.* earth, soil
Erdrinde, *f.* = **Erdkruste**
Erdschicht, *f.* geological stratum
Erdstrich, *m.* region, zone
Erdteil, *m.* continent
Erdumdrehung, *f.* revolution of the earth
Erdvegetation, *f.* terrestrial vegetation
Erdwärme, *f.* terrestrial heat, geothermic temperature
Ereignis, *n.* event, occurrence
erfahren (u, a), to experience, undergo, find out, learn
Erfahrung, *f.* experience; **die — machen** = **erfahren**
erfassen, to lay hold upon, grasp, comprehend
erfinden (a, u), to invent
Erfinder, *m.* inventor
Erfindung, *f.* invention, discovery
Erfindungsgeist, *m.* spirit of invention
Erfolg, *m.* success
erfolgen, to follow, result, take place
erfolgreich, successful
erforderlich, required, necessary
erfordern, to demand, require
erforschen, to investigate, examine
Erforschung, *f.* investigation, research, study
erfreulicherweise, happily, fortunately
erfüllen, to fill (up), fulfil
Ergänzung, *f.* completion, supplementation
ergeben (a, e), to give (as a result), result in, show, prove; **sich —,** result, prove to be, appear, follow
Ergebnis, *n.* yield, result
ergiebig, plentiful, copious
ergießen (o, o), to pour out (forth), deluge
ergreifen (i, i), to seize, catch up
erhalten (ie, a), to receive, get, obtain, keep, preserve, maintain
Erhaltung, *f.* maintenance, conservation
erheben (o, o), to (up)raise, elevate; **sich —,** rise (up), be upraised, arise, revolt
erheblich, considerable, important
Erhebung, *f.* elevation
erhellen, to become clear
erhitzen, to heat (up)
Erhitzung, *f.* heating
erhöhen, to heighten, raise, elevate, increase
Erholung, *f.* recovery
erinnern, to remind (of = **an**)
erkalten, to cool off (down); **erkaltet,** chilled, cold
Erkaltung, *f.* cooling
erkennbar, recognizable, perceptible

erkennen (—kannte, —kannt), to recognize, distinguish, discern, see, note; **sich zu — geben,** to reveal one's self, become manifest
Erkenntnis, *f.* perception, knowledge
erklären, to make clear, explain; **sich —,** be accounted for
Erklärung, *f.* explanation
erlahmen, to become lame (enfeebled), flag, be paralyzed
erlangen, to obtain
erlauben, to permit
erläutern, to make clear, illustrate
Erläuterungsblatt, *n.* explanatory sheet, commentary
Erle, *f.* alder
erleben, to experience
erlegen, to strike down, slay
erleiden (—litt, —litten), to suffer, undergo
Erleuchtung, *f.* illumination
erlöschen (o, o), to be extinguished, die out, expire
ermangeln, to lack
Ermangelung, *f.* want, default
ermessen (a, e), to measure, estimate
ermitteln, to find out, ascertain
ermöglichen, to make (render) possible
ernähren, to nourish, feed
erniedrigen, to lower, reduce (in height)
erobern, to conquer, win one's way
eröffnen, to open, disclose
erörtern, to discuss
Erosionsfurche, *f.* gully produced by erosion, eroded ravine
Erosionstätigkeit, *f.* erosive action, erosion
Errechnung, *f.* calculation
erregen, to stir up, arouse, agitate
erreichbar, attainable, possible
erreichen, to reach, attain
errichten, to set up, erect
Ersatz, *m.* replacement, compensation
Ersatzknospe, *f.* secondary bud
erscheinen (ie, ie), to appear
Erscheinung, *f.* appearance, phenomenon; **in die — treten,** to come to light, appear
Erschütterung, *f.* shaking, shock
erschweren, to make (render) difficult
ersehen (a, e), to perceive, see
ersetzen, to replace, take the place of, make good
ersichtlich, evident, clear
erst, first, former; only, not until
erstarren, to become rigid, stiffen
Erstaunen, *n.* astonishment
erstaunlich, astonishing, amazing
erstemal; das —, the first time
erstenmal; zum —, for the first time, first
erstens, in the first place
erster, first, former
erstrecken; sich —, to extend
Erstreckung, *f.* extension, spread
erteilen, to impart
ertragen (u, a), to bear, endure
Eruption, *f.* eruption
Eruptionsgestein, *n.* eruptive rock
eruptiv, eruptive
erwachen, to awake
erwachsen (u, a), to grow up, spring up, accrue; **erwachsen,** (fully) grown, adult

erwägen, to weigh in mind, consider
erwähnen, to mention
erwärmen, to warm, heat (up)
Erwärmung, *f.* warming, development of heat
erwarten, to await, expect
erwecken, to awaken, rouse
erweisen (ie, ie), to show, prove; **sich —,** prove to be, become manifest
erweitern, to broaden, extend
erwerben (a, o), to acquire, earn, gain
Erysipel, *n.* erysipelas
Erz, *n.* ore
erzählen, to relate, tell
erzeugen, to engender, generate, produce
Erzeugung, *f.* generation, production
Erzgang, *m.* metallic vein, lode of ore
erziehen (—zog, —zogen), to bring up, educate
erzielen, to aim at, attain
es, it; there; **es giebt,** *s.* **geben**
Esche, *f.* ash
Eskimo, *m.* Eskimo
essen (aß, gegeßen), to eat
Essigsäure, *f.* acetic acid
Etage, *f.* story, floor, level
Etappe, *f.* stage (of a journey)
Etrusker, *m.* Etruscan
etwa, perhaps, let us say
etwas, some(thing), somewhat, rather
Eurasien, *n.* Europe and Asia, Eurasia
Europa, *n.* Europe
Europäer, *m.* European
europäisch, European
ewig, eternal, perpetual
exakt, exact
Exemplar, *n.* copy, specimen
Existenz, *f.* existence
Existenzbedingung, *f.* condition of life, factor controlling existence
existieren, to exist
exogen, exogenous
Expansion, *f.* expansion
Expedition, *f.* expedition
Experiment, *n.* experiment
experimentell, experimental
Explosion, *f.* explosion
explosionsartig, like an explosion, explosive
exponieren, to expose
extrem, extreme
exzessiv, excessive, unusual

F

F = Fahrenheit(-Skala)
fabelhaft, fabulous, astonishing
Fachgelehrter, *m.* specialist
Fackel, *f.* torch, facula
Faden, *m.* thread, filament, filum
fähig, capable (of), able
Fähigkeit, *f.* capacity, ability, power
fahren (u, a), to travel, drive, ride
Fahrenheit-Skala, *f.* Fahrenheit scale (thermometer)
Fahrt, *f.* journey, trip, voyage
Faktor, *m.* factor
fakultativ, facultative, occasional
Fall, *m.* fall, drop; case
Fallbahn, *f.* path of a falling body, downward course
fallen (ie, a), to fall

Fallgeschwindigkeit, *f.* velocity of fall, gravitational velocity
Fallschirm, *m.* parachute
Fallstreifen, *m.* pendant filament (of cloud), mare's-tail
Falte, *f.* fold
falten, to fold
Faltenbau, *m.* folded structure
Faltenbiegung, *f.* folding, plication
Faltengebirge, *n.* folded mountains, plicated mountain range
Faltungsprozeß, *m.*, **Faltungsvorgang,** *m.* process of folding, plication
Familie, *f.* family
Familienmitglied, *n.* member of a family
Farbe, *f.* color
färben, to color, stain
Farbenentstehung, *f.* origin (formation) of color
Farbenerscheinung, *f.* appearance (display) of color, color phenomenon
Farbenglas, *n.* color-glass, chromatic lens (*s. Fig.* 25)
Farbenton, *m.* color tone, shade
farbig, colored
farblos, colorless
Farblosigkeit, *f* colorlessness
Farbstoff, *m.* coloring-matter, pigment, dye
Farbstoffkörnchen, *n.* pigment particle
Färbung, *f.* color(ation), hue, tint
Farn, *m.* fern
Faser, *f.* fiber, filament
faserförmig, fibrous
fassen, to seize, grasp; **ins Auge —,** fix one's eye upon, consider
Fassungskraft, *f.* power of comprehension, mental capacity
fast, almost
Fauna, *f.* fauna
Februar, *m.* February
Feder, *f.* feather, pen, spring
Federkrone, *f.* downy tuft, egret
fehl; — gehen, to go astray, err
fehlen, to fail, be absent, be lacking *or* a lack (of = **an**)
Fehlen, *n.* absence, lack
fein, fine, refined, delicate
Feind, *m.* enemy
feinkörnig, fine grained
feinsinnig, ingenious, refined
Feld, *n.* field, area; **ins — führen,** to bring forward, adduce
Fell, *n.* skin, hide, fur
Fels, *m.* rock, cliff
Felsart, *f.* (species of) rock
Felsen, *m.* = **Fels**
Felsengrund, *m.* rocky foundation, bed-rock
Felsenküste, *f.* rocky coast, rock-bound shore
Felsflora, *f.* flora peculiar to a rocky region, rock-vegetation
Felshöhle, *f.* cave formed in a rock, cliff-cavern
Felskante, *f.* rocky ridge
Felsmasse, *f.* mass of rock
Felsriff, *n.* ledge of rock(s)
Felswand, *f.* wall of rock, wall of a (cliff-)cavern
Fenster, *n.* window
Ferment, *n.* ferment
fern, far, remote; **—er,** further-(more)
Ferne, *f.* distance; remote region; **aus der —,** from afar

Fernrohr, *n.* telescope
Fernwirkung, *f.* action through space, effect at a distance
fertig, ready, finished, fully developed
Fesselaufstieg, *m.* ascent of a captive balloon
Fesselballon, *m.* captive balloon
fest, firm, solid, permanent
Festigkeit, *f.* firmness, solidity, permanency
Festigung, *f.* firmation, stabilization
Festland, *n.* mainland, continent
festländisch, continental
Festlandsmasse, *f.* continental mass
fest-sitzen (saß —, —gesessen), to be (firmly) attached
feststehend, established, fixed
fest-stellen, to establish (a fact) determine, confirm
Feststellung, *f.* determination
Fett, *n.* fat
Fettkugel, *f.* fat-globule
Fettpflanze, *f.* succulent plant
Fetttröpfchen, *n.* fatty globule
Fetzen, *m.* rag, tatter
feucht, moist, damp, humid
Feuchtigkeit, *f.* moisture, dampness, humidity
Feuchtigkeitskurve, *f.* curve of humidity
Feuchtigkeitsmenge, *f.* amount of moisture
Feuchtigkeitsverhältnis, *n.* proportion of moisture, condition (of the soil) with respect to moisture
feuchtwarm, moist and warm
Feuèr, *n.* fire
Feuerball, *m.* ball of fire, molten sphere
Feuerdienst, *m.* fire-worship
Feuererzeugung, *f.* production of fire
Feuererzeugungsmethode, *f.* method of fire production
Feuerkreuz, *n.* fire-drill (*in the form of a cross*), cross symbolizing fire (*cf. note* **18,** 20)
Feuerkugel, *f.* ball of fire, molten core (*of the earth*), meteorite
Feuerstein, *m.* flint
Feuersteinwerkzeug, *n.* flint implement
Feuerstelle, *f.* fire-place, hearth
Feuerung, *f.* heating, fire, fuel
feurig, fiery
Fichte, *f.* pine
Fichtensame(n), *m.* seed of the pine
Fig. = Figur, *f.* figure
Filament, *n.* filament
filtrieren, to filter, strain
Filtrierpapier, *n.* filtering-paper
finden (a, u), to find, discover, obtain, regard; **sich —,** be found, occur
Finsternis, *f.* darkness, eclipse
Fisch, *m.* fish
Fischfang, *m.* fishing, fishery
Fischschwarm, *m.* school of fish
fjordwärts, toward (up) the fiord
flach, flat, level, shallow, slight, gentle
Fläche, *f.* surface, area, plane
Flächenanziehung, *f.* surface attraction, adhesion
flächenförmig, flat, superficial
flächenhaft, flat, wide, superficial
Flachgrab, *n.* grave level with the earth, flat-topped grave

Flachseeregion, *f.* (oceanic) region of shallow water
Flamme, *f.* flame
Flammenfärbung, *f.* coloring of a flame, flame-coloration
Flasche, *f.* bottle
Flechte, *f.* lichen
Flechtmuster, *n.* design used in basketry, woven pattern, wickerwork
Flechtwerk. *n.* wickerwork, basketry
Fleck(en), *m.* spot
fleckenfrei, free of spots
Fleckenhäufigkeit, *f.* frequency (abundance) of sun spots
Fleckenmenge, *f.* number of sun spots
Fleckenperiode, *f.* period of occurrence of sun spots
Fleckenstand, *m.* condition of the sun with respect to sun spots
Fleckenzahl, *f.* number of sun spots
fleischig, fleshy
fliegen (o, o), to fly
fliehen (o, o), to flee, retreat
fließen (o, o), to flow
Flimmer, *f.* cilium
Flimmerinfusor, *n.* ciliate infusorian
Flocculus, *m.* flocculus
Flora, *f.* flora
Flotille, *f.* flotilla
flüchtig, flying, cursory, transient
Flugapparat, *m.* apparatus for flying, organs of flight
Flugbahn, *f.* path of flight, track (*through the air*)
Flugeinrichtung, *f.* contrivance for flight, flight-mechanism
Flügel, *m.* wing
Flügelschlag, *m.* flapping of the wings, wing-stroke
Flugmechanismus, *m.* = **Flugeinrichtung**
Flugorgan, *n.* organ of flight
Flugrichtung, *f.* direction of flight
Flugvorrichtung, *f.* = **Flugeinrichtung**
Fluoreszenzerscheinung, *f.* phenomenon of fluorescence
fluoreszieren, to fluoresce; **—d,** fluorescent
Fluß, *m.* river, stream
flüssig, fluid, liquid
Flüssigkeit, *f.* fluid, liquid
Flüssigkeitsgemisch, *n.* fluid mixture, complex fluid
Flüssigkeitsmedium, *n.* liquid medium
Flüssigkeitströpfchen, *n.* minute drop of a liquid, fluid globule
Flußpferd, *n.* hippopotamus
Flußrinne, *f.* watercourse, river valley
Flußsystem, *n.* system of rivers
Flußtal, *n.* river valley
Flußufer, *n.* bank of a river
Flut, *f.* flux, flow, (flood-)tide; **—en,** waves, billows
fluten, to flow, rise (*of the tide*)
Flutkraft, *f.* tidal energy
Flutwelle, *f.* tidal wave
Föhn, *m.* foehn (*Alpine wind*)
föhnartig, foehn-like
Föhngebiet, *n.* region subject to foehn-like winds, foehn zone
Föhnpflanze, *f.* plant influenced by the foehn, foehn plant
Föhnzone, *f.* region affected by the foehn, foehn zone

Föhre, *f.* Scotch pine (*Pinus sylvestris*)
Folge, *f.* result
Folgeerscheinung, *f.* resultant phenomenon
folgen, to follow
folgendermaßen, in the following manner
folgerichtig, logical, consistent
folgern, to infer, conclude
Folgerung, *f.* inference, deduction
folglich, consequently
fordern, to demand
fördern, to promote; **—d,** helpful, favorable
Fördernis, *n.* furtherance, aid
Forderung, *f.* demand, requirement
Form, *f.* form
Formation, *f.* formation, group, system
Formationsgruppe, *f.* group of (geological) formations, stratigraphical system
formativ, formative, constructive
Formel, *f.* formula
formen, to form, shape
Formenfülle, *f.* wealth of forms
förmlich, formal, regular; really, altogether
Formulierung, *f.* formulation
Formveränderung, *f.* change of form, metamorphosis
Forscher, *m.* investigator, explorer, scientist
Forschung, *f.* investigation, research
Forschungsrichtung, *f.* line of investigation
Forschungszweig, *m.* branch of research, line of investigation
fort-bewegen; sich —, to propel one's self, move (off)
fort-blasen (ie, a), to blow away
fort-dauern, to last, persist; **—d,** continual
fort-fahren (u, a), to continue
fort-führen, to carry along, bear off
fort-lassen (ie, a), to leave out, omit
fort-pflanzen, to propagate, reproduce, transmit
Fortpflanzung, *f.* propagation, transmission, reproduction
Fortpflanzungsgeschwindigkeit, *f.* velocity of transmission
fort-schaffen, to remove
fort-schleudern, to hurl forth, project
fort-schreiten (i, i), to advance, progress; **—d,** progressive
Fortschritt, *m.* progress, advance, development
fort-setzen, to continue; **sich —,** continue, be prolonged; **fortgesetzt,** continued, continual, extending
fort-wachsen (u, a), to continue to grow, grow uninterruptedly
fortwährend, continual, constant
fossil, fossil
Fossil, *n.* fossil
Fracht, *f.* freight, load
Frage, *f.* question
fragen, to ask, inquire
Fragezeichen, *n.* interrogation-point
fraglos, unquestionably
Frankreich, *n.* France
Franzose, *m.* Frenchman
französisch, French
Frau, *f.* woman, Madame

frei, free, unattached, liberated, open
Freiballon, *m.* liberated balloon
Freiballonaufstieg, *m.* ascent of a liberated balloon
freifliegend, free (flying), unattached
frei-lassen (ie, a), to set free, release, leave untouched
freilich, to be sure, indeed
frei-machen, to liberate
freiwerdend, becoming free (empty)
fremd, strange, foreign
fremdartig, foreign, incongruous
Fremdkörper, *m.* foreign substance
fressen (a, e), to eat, consume, devour
freuen; sich —, to rejoice
Friede(n), *m.* peace
frieren (o, o), to freeze
frisch, fresh, recent
Frist, *f.* set term, period, time
Frosch, *m.* frog
Frost, *m.* frost, cold
Frosteinwirkung, *f.* action of frost, effect of cold
Frostgrenze, *f.* limit of frost, frost-line
Frosthärte, *f.* ability to withstand (resistance to) cold
Frucht, *f.* fruit
fruchtbringend, fruitful
Fruchtfleisch, *n.* pulp, sarcocarp
Fruchthülle, *f.* pericarp
Fruchtkörper, *m.* fruit (*seeds and pericarp together*); (**der Pilze**) receptacle, torus
Fruchtreife, *f.* ripening, (maturation) of fruit
fruchttragend, fruit-bearing, fruited
früh, early; **—er,** earlier, former; before, previously, sooner
Frühjahrsvegetation, *f.* spring (vernal) vegetation
frühzeitig, early, premature
Fug, *m.* right, due authority, reason
fügen, to fit together, join, connect
fühlen, to feel
führen, to lead, convey, conduct, bring, bear, move, pass, wage, furnish
füllen, to fill
Fund, *m.* find, discovery, thing found, relic
Fundament, *n.* foundation(-stone), base, basis
fundamental, fundamental
Fundamentaleigenschaft, *f.* fundamental property (characteristic)
Fundort, *m.*, **Fundstätte,** *f.* place of discovery
fünf, five
fünffach, fivefold, quintuple
fünft–, fifth
Fünftel, *n.* fifth
Funken, *m.* spark
Funkenbildung, *f.* formation of sparks, spark-production
Funktion, *f.* function
funktionell, functional
funktionieren, to function
funktionsfähig, capable of functioning, organically active
für, for, by
Furcht, *f.* fear
furchtbar, fearful
fürchterlich, fearful, dreadful

Furka, *f. s. note* **123,** 19
fürsorgend, provident
Fuß, *m.* foot
Fußboden, *m.* floor
fußen, to set foot (stand) upon, use as a basis

G

g = Gramm
Gabe, *f.* gift
Gabel, *f.* fork
Gagat, *m.* jet
gallisch, Gallic
Gallium, *n.* gallium
Gammastrahl, *m.* gamma ray
Gang, *m.* course, movement, gait, progress, vein, lode
Ganggräber, *n. pl.* graves situated along *or* reached through passageways, primitive catacombs
Ganglienzelle, *f.* ganglion-cell
Gangunterschied, *m.* difference of phase
ganz, whole, entire, all; quite, altogether, very; **im Ganzen,** on the whole, altogether; **ein Ganzes,** a whole, a unit
gänzlich, wholly
gar, fully, even, at all, not to mention, actually
Garbe, *f.* sheaf, bundle
Gardasee, *m.* Lake of Garda
Gärmaterial, *n.* matter subject to fermentation, fermentable material
garstig, foul, disagreeable, ugly
Garten, *m.* garden
Gärungsorganismus, *m.* fermentative organism
Gas, *n.* gas
Gasart, *f.* kind of gas
Gasaustausch, *m.* interchange of gases
Gasball, *m.* gaseous sphere
Gasbläschen, *n.* bubble of gas
gasförmig, gaseous
Gasgesetz, *n.* law of gases
Gaskugel, *f.* = **Gasball**
Gaslicht, *n.* gas-light
Gasmasse, *f.* mass (large body) of gas
Gasmenge, *f.* quantity of gas
Gasstrom, *m.* stream (current) of gas
Gattung, *f.* species, sort, class
Gattungsname(n), *m.* generic name, class-name
Gault, *m.* Gault
Gazelle, *f.* gazelle
Gebäck, *n.* baker's product, bread, pastry
geben (a, e), to give; **es giebt** (*with acc.*), there is (are)
Gebiet, *n.* domain, region, district, field
gebieten (o, o), to command, order, demand
Gebilde, *n.* form(ation), creation, product
Gebirge, *n.* mountain-range, mountains
Gebirgsbach, *m.* mountain torrent
Gebirgsbildung, *f.* formation of mountains
Gebirgsbildungsprozeß, *m.* process of mountain formation
Gebirgsland, *n.* mountainous country
Gebirgssame(n), *m.* seed produced in mountainous regions

Gebirgsschutt, *m.* detritus of (from) the mountains
Gebirgssystem, *n.* mountain-system
Gebläseflamme, *f.* flame of a blowpipe
Gebrauch, *m.* use
gebrauchen, to use, employ
Geburt, *f.* birth
Gedächtnis, *n.* memory
Gedanke, *m.* thought, idea
gedeihen (ie, ie), to thrive, prosper, grow
gedenken (—dachte, —dacht), to think of, mention
geeignet, fit, suitable, adapted
gefährden, to endanger
gefährlich, dangerous
Gefälle, *n.* fall, drop, decrease
Gefäß, *n.* vessel, jar, duct
Gefäßpflanze, *f.* vascular plant, phanerogam
Gefäßscherbe, *f.* fragment of pottery, potsherd
Gefrierpunkt, *m.* freezing-point
Gefüge, *n.* joining, structure, construction, frame(work)
gegen, against, towards, in comparison with, in relation to
Gegend, *f.* region
gegeneinander, against each other, toward one another
Gegenpunkt, *m.* antipoint, counterpoint
Gegensatz, *m.* opposite, opposition, contrast, contradistinction
gegenseitig, mutual, reciprocal
Gegenstand, *m.* object, subject
Gegenteil, *n.* (the) opposite, reverse, contrary
gegenüber, opposite, over against, with reference to, in comparison with, in contrast
gegenüber-stehen (stand —, —gestanden), to stand opposed, face, stand in relation
gegenüber-stellen, to place opposite, contrast, compare
Gegenüberstellung, *f.* opposition, confrontation, parallelism
Gegenwart, *f.* presence, present
gegenwärtig, present; at present, now (in force)
Gegner, *m.* opponent
Gehalt, *m.* content(s), capacity, proportion, admixture
Gehänge, *n.* pendant; slope, declivity
Gehege, *n.* enclosure, preserve, park
Geheimnis, *n.* secret
geheimnisvoll, mysterious
Geheimrat, *m.* privy councillor
gehen (ging, gegangen), to go, pass, walk; **vor sich —,** go on, proceed, take place
Gehirn, *n.* brain
gehorchen, to obey
gehören, to belong, be required
gehörig, belonging to
Geikie-Land, *n.* Geikie Land
Geißel, *f.* flagellum, lash-like appendage
Geist, *m.* spirit, imagination
Geisteswelt, *f.* world of thought, intellectual world
geistig, spiritual, intellectual, mental
geistreich, ingenious, clever
Gelände, *n.* land(s), territory, terrain

gelangen, to arrive (at), reach, attain
gelb, yellow
gelblich, yellowish
Gelegenheit, *f.* opportunity
gelegentlich, occasional; upon occasion, now and then
Geleis(e), *n.* rut, track
gelind, gentle, mild, moderate
gelingen (a, u), (*impers.*) to succeed
gelten (a, o), to be valid, pass for, hold good, be regarded (accepted); **sich —d machen,** assert one's self, become manifest
Geltung, *f.* value, validity, acceptance, importance
gemäß, conformable, according to
gemäßigt, temperate
gemein, common; in common
gemeinhin, commonly
gemeinsam, common, joint
Gemenge, *n.* mixture, assemblage
Gemengsel, *n.* medley, mixture, compound
genau, exact, accurate, close, careful
Genauigkeit, *f.* accuracy
General, *m.* general
genial, endowed with genius, ingenious, highly gifted
Genie, *n.* genius
Genossenschaft, *f.* company, association, group
Genua, *n.* Genoa
genug, enough
genügen, to suffice, be sufficient; **—d,** sufficient
Geocoronium, *n.* geocoronium
Geocoroniumsphäre, *f.* geocoronium sphere (belt)
geographisch, geographical
Geoid, *n.* geoid
Geolog, *m.* geologist
Geologie, *f.* geology
geologisch, geological
Geophysiker, *m.* geophysicist, physiographer
Gepräge, *n.* impress(ion), stamp
gerade, straight, direct; just, exactly
Gerade, *f.* straight line
geradezu, directly, outright, simply, in fact
Gerät, *n.* tool(s), implement(s)
geraten (ie, a), to get (fall) into
gerecht, just, righteous, fit, proper
gering, slight, small, little
geringfügig, slight, insignificant
Gerinnung, *f.* coagulation
Germane, *m.* Teuton, German
germanisch, Teutonic, Germanic
Germanium, *n.* germanium
gern(e), gladly, willingly
Geröll(e), *n.* rubble, boulders, drift
Gerste, *f.* barley
Geruch, *m.* smell, odor
geruchlos, odorless
Gerücht, *n.* rumor, report
gesamt, whole, entire, total
Gesamtdauer, *f.* total duration
Gesamtheit, *f.* totality
Gesamtluftdruck, *m.* total air pressure
Gesamtmenge, *f.* total amount
Gesamtorganismus, *m.* complete organism
Gesamtresultat, *n.* total (result)
Gesamtwirkung, *f.* collective action, total effect
Gesamtzahl, *f.* total number

Gesamtzirkulation, *f.* general system of (atmospheric) circulation
geschehen (a, e), to happen, take place, occur
Geschichte, *f.* history
geschichtlich, historical
Geschicklichkeit, *f.* skill, dexterity
Geschlecht, *n.* sex, species, race
geschlechtlich, sexual
Geschmack, *m.* taste
geschmacklos, tasteless
Geschöpf, *n.* creature
Geschwindigkeit, *f.* speed, velocity
Geselle, *m.* companion, fellow
gesellen; sich —, to associate one's self with, join, be added
gesellig, sociable, gregarious; in association
gesellschaftlich, social
Gesellschafts-Biologie, *f. s.* **Rassen-Biologie**
Gesetz, *n.* law
gesetzmäßig, conformable to law, regular
Gesetzmäßigkeit, *f.* regularity
Gesicht, *n.* sight, face
Gesichtspunkt, *m.* point of view
Gesichtssinn, *m.* sense of sight
Gespräch, *n.* conversation
Gestade, *n.* bank, shore
Gestalt, *f.* form, figure, shape
gestalten, to form, fashion, shape; **sich —,** take shape, turn out
gestaltumformend, transformative
Gestaltung, *f.* formation, shape, appearance, character
gestatten, to allow, permit
Gestein, *n.* rock
Gesteinsbildung, *f.* formation of rock(s)
Gesteinsblock, *m.* boulder
Gesteinsdecke, *f.* covering (sheet) of rock
Gesteinsgebilde, *n.* rock (*considered structurally*), rock formation
Gesteinsmasse, *f.* mass of rock
Gesteinsschicht, *f.* layer of rock
Gestirn, *n.* constellation, star
Getriebe, *n.* driving (motive) power, mechanism
Gew. = **Gewicht**
Gewächs, *n.* growth, plant, herb
gewähren, to grant, afford
Gewalt, *f.* might, power, force
gewaltig, mighty, great
gewaltsam, forcible, violent
Gewand, *n.* garment, dress
Gewässer, *n.* waters
Gewebe, *n.* fabric, tissue
Gewebebildung, *f.* formation of tissue
Gewebelehre, *f.* theory of (organic) tissue, histology
Gewebsteil, *m.* part (*of an organism*) composed of tissue, histoid component
Geweih, *n.* antlers, horn(s)
Geweihende, *n.* point (tine) of an antler
Gewicht, *n.* weight, gravity
Gewichtseinheit, *f.* unit of weight
Gewichtsunterschied, *m.* difference in weight
gewinnen (a, o), to win, gain, attain, obtain
Gewinnung, *f.* obtainment, extraction (*of metals*)
gewiß, certain
gewissermaßen, to a certain extent, so to speak

Gewißheit, *f.* certainty
Gewitter, *n.* thunder-storm
Gewitterelektrizität, *f.* electricity of storm clouds, lightning
Gewitterwolke, *f.* storm cloud
gewöhnen, to accustom, habituate, train
gewöhnlich, usual, customary, ordinary; **für —,** ordinarily
gewohnt, accustomed
Gewölbe, *n.* vault, arched surface
Geysir, *m.* geyser
Gezeit, *f.* tide
Gibbon, *m.* gibbon
gierig, greedy, eager
gießen (o, o), to pour, mould, cast
Gießkunst, *f.* art of casting metals, foundry
Gift, *n.* poison
Ginster, *m.* broom (*cf. note* **114,** 4)
Gipfel, *m.* summit, peak
Gipsabguß, *m.* plaster cast
Glanz, *m.* brilliancy, luster, splendor
glänzen, to glitter, shine, sparkle; **—d,** brilliant
Glas, *n.* glass
Glasfläche, *f.* surface of (the) glass
Glasgefäß, *n.* glass vessel
Glasglocke, *f.* bell-glass, bell-jar
Glasplatte, *f.* glass plate
Glasrechteck, *n.* rectangle of (on) glass
Glasrohr, *n.*, **Glasröhre,** *f.* glass tube
glätten, to smooth, polish
glauben, to believe
Glaubensvorstellung, *f.* conception of faith, religious belief
glazial, glacial
gleich, like, equal, same; immediately, directly, at once
gleichartig, of like kind, homogeneous, similar
gleichbedeutend, synonymous, equivalent
gleichen (i, i), to equal, resemble
gleicherweise, in like manner, equally
gleichfalls, likewise
gleichförmig, of like form, uniform
Gleichförmigkeit, *f.* uniformity
Gleichgewicht, *n.* equilibrium, balance
Gleichgewichtszustand, *m.* state of equilibrium
gleichgültig, indifferent; regardless, no matter
gleich-kommen (a, o), to be equivalent, equal
gleichmäßig, uniform, symmetrical, even, regular
gleichsam, as it were, so to speak
gleichwertig, of equal value, equivalent, on a par
gleichwohl, nevertheless
gleichzeitig, simultaneous, contemporaneous; at the same time
gleiten (i, i), to glide, slip, slide
Gleitfläche, *f.* gliding-plane
Gletscher, *m.* glacier
Gletschermoräne, *f.* glacial moraine
Gletscherwelt, *f.* glacial world, (vast) glaciated area
Glied, *n.* member, part
gliedern, to articulate, organize, analyze, divide
Gliederung, *f.* arrangement, systematical division

glimmen, to glimmer, glow
Globus, *m.* globe
Glocke, *f.* bell, bell-jar
Glück, *n.* happiness
glücken, to succeed, be successful
glühen, to glow, be red hot
glühendheiß, red hot, superheated
Glut, *f.* (intense) heat
Glutball, *m.* ball of fire
Glutmasse, *f.* fiery mass
Glutwind, *m.* hot wind
Glyzerin, *n.* glycerine
Gold, *n.* gold
Goldgier, *f.* thirst for gold
Golfstrom, *m.* Gulf stream
Gorill(a), *m.* gorilla
Gott, *m.* God
Gottheit, *f.* divinity, deity
Grab, *n.* grave
Graben, *m.* ditch, trench
graben (u, a), to dig; excavate
Grabfund, *m.* object discovered in a grave; sepulchral relic
Grabstätte, *f.* place of interment, tomb, sepulcher
Grad, *m.* degree
graduell, gradual; in degree
Graf, *m.* count
Gramm, *n.* gram
grammatisch, grammatical
Granat, *m.* garnet
Granit, *m.* granite
Granitblock, *m.* block of granite, granite boulder
Granitfels, *m.* granitic rock
Grantland, *n.* Grant Land
Granulation, *f.* granulation
Gras, *n.* grass
Grashalm, *m.* blade of grass
Grasmatte, *f.* grassy (Alpine) meadow
Grat, *m.* edge, ridge, crest
grau, gray, hoary
grauenhaft, grauenvoll, horrible, dreadful
greifen (i, i), to grasp, seize, reach
Grenze, *f.* limit, boundary, demarcation, border
grenzen, to bound, border
Grenzfläche, *f.* boundary plane
Grenzgebiet, *n.* border region, frontier
Grenzlinie, *f.* boundary line
Grieche, *m.* Greek
Griechenland, *n.* Greece
griechisch, Greek, Grecian
Griff, *m.* grip, handle, hilt
grob, coarse
grobkörnig, coarse grained
Grönland, *n.* Greenland
grönländisch, of Greenland
groß, large, big, great; **größer,** rather large, considerable
Großaffe, *m.* large ape, anthropoid ape
großartig, grand, immense
Größe, *f.* size, magnitude, amount, quantity, property
Größenordnung, *f.* magnitude, order
großenteils, größtenteils, in great measure, for the most part
Großhirn, *n.* cerebrum
grün, green
Grund, *m.* ground, bottom, basis, reason, cause; **im —e,** at bottom
Grundeigenschaft, *f.* basic quality, fundamental property

gründen, to found, base
Grundfläche, *f.* base, bottom surface
Grundform, *f.* basic form, primitive type
Grundfunktion, *f.* basic function
Grundgebirge, *n.* substratum of a mountain-range, basement rocks
Grundgewebe, *n.* basic tissue
Grundlage, *f.* foundation, basis
grundlegend, fundamental
gründlich, thorough
Grundphänomen, *n.* basic phenomenon
Grundriß, *m.* ground-plan, outline, elements
Grundsatz, *m.* principle
grundsätzlich, in principle, fundamental
Grundstock, *m.* main body, bulk
Grundstoff, *m.* basic element, radical
Grundsubstanz, *f.* basic substance
Grundwasser, *n.* underground water
Grundwasserstand, *m.* level of (the) underground water
Grundzug, *m.* characteristic, outline, distinctive feature
grünen, to become green
Gruppe, *f.* group
Gudenushöhle, *f.* Gudenus's Cave
gültig, valid, applicable
Gummi, *n.* gum, (India-)rubber
Gummiballon, *m.* rubber balloon
günstig, favorable
Gürtel, *m.* girdle, belt, zone
Gürtelblech, *n.* belt plate
gut, good, well; **zu — kommen,** be of advantage; **so — wie,** virtually

H

Haar, *n.* hair
Haarbündel, *n.* bundle (strand) of hair
Haarhygrometer, *n.* hair-hygrometer
Haarkleid, *n.* covering of hair
Haarnetz, *n.* net for the hair, net-cap
haben (hatte, gehabt), to have
Haken, *m.* hook
Hakenkreuz, *n.* fylfot (*cf. note* **18,** 20)
halb, half
halbfertig, half finished
Halbierungskonstante, *f. s. note* **152,** 20
Halbjahr, *n.* half-year, six months
Halbkugel, *f.* hemisphere
Halbmesser, *m.* radius
Halbschatten, *m.* partial shadow, penumbra
Hälfte, *f.* one half
Halligen, *f. pl.* Halligen Islands (*cf. note* **122,** 2)
Hallstätter, of (from) Hallstatt
Hallstattkultur, *f.* civilization of the Hallstatt type *or* period
Hallstattperiode, *f.* Hallstatt era
Halophyt, *n.* halophyte
Hals, *m.* neck
Halsschmuck, *m.* necklace
Halt, *m.* halt, stop
Haltedraht, *m.* wire for holding (*a kite*), hand-wire
Halteleine, *f.* cord for holding (*a kite*), hand-line
halten (ie, a), to hold, keep, maintain; **— für,** regard

Hammer, *m.* hammer
Hand, *f.* hand; **an — von,** by means of
Handbuch, *n.* manual
Handel, *m.* trade, commerce
handeln, to act, treat; **es handelt sich um,** it is a question of, it involves (concerns)
Handelsvolk, *n.* commercial nation
hand-haben, to handle, manage
hangen (hängen) (i, a), to hang, be suspended
hängen, to hang, suspend
Hängestück, *n.* pendant
Hansaleute, *m. pl.* members of the Hansa expedition (*cf. note* **124,** 12)
harpunenartig, resembling a harpoon
hart, hard
härten, sich —, to harden, become hard
Hartgewebe, *n.* mechanical tissue, stereome
Hasel, *m.* hazel (*Corylus*)
Haufen, *m.* heap, pile
häufen; sich —, to pile up, accumulate
häufig, frequent, common
Häufigkeit, *f.* frequency
Haumesser, *n.* chopping-knife, cleaver
Hauptbestandteil, *m.* chief constituent
Haupteigenschaft, *f.* chief property, essential quality
Hauptepoche, *f.* chief epoch, main period
Hauptfaktor, *m.* main factor
Hauptföhnstraße, *f.* principal path of the foehn
Hauptfundort, *m.*, **Hauptfundstätte,** *f.* principal place of discovery
Hauptgrund, *m.* main cause
Hauptmasse, *f.* main mass (body), bulk
Hauptort, *m.* chief place
Hauptphänomen, *n.* primary phenomenon
Hauptsache, *f.* chief point, essential thing; **der — nach, in der —,** in the main
hauptsächlich, chief, principal
Hauptschicht, *f.* main stratum
Hauptstromtal, *n.* main river valley
Hauptverdienst, *n.* chief merit, great service
Hauptwerk, *n.* chief work
Hauptwolkenzone, *f.* main cloud belt
Hauptzeit, *f.* chief time (season)
Hauptzentrum, *n.* chief center
Hauptzug, *m.* chief feature; **in den Hauptzügen,** in the main
Hauptzweig, *m.* main branch
Haus, *n.* house
Hauseingang, *m.* entrance (to a house), entry
Hausfrau, *f.* housewife
Haushalt, *m.* household, domestic economy
haushälterisch, economical
haushoch, high as a house, colossal
Haushund, *m.* domesticated dog
Hausstand, *m.* household, home
Haustier, *n.* domestic animal
Hauswand, *f.* wall (of the house)
Haut, *f.* skin, membrane, coat-(ing), film
Hautgewebe, *n.* cutaneous tissue

Hautplasma, *n.* tegumentary protoplasm
Hebelübertragung, *f.* lever-transmission
heben (o, o), to raise, elevate
Hebung, *f.* uplifting, elevation, upheaval
heftig, violent, vehement, strong, intense
Heide, *f.* heather
Heidekraut, *n.* heather
Heilung, *f.* cure, healing
Heimat, *f.* home, native land
heimisch, native, indigenous, at home
Heimstätte, *f.* homestead, abode
heiß, hot, torrid
heißen (ie, ei), to bid, be called, read, signify; **das heißt,** that is to say
heizbar, that may be heated; —**er Objekttisch,** warming-stage
Hekistotherme, *f. s. note* **104,** 21
helfen (a, o), to help
Helium, *n.* helium
Heliumspektrum, *n.* spectrum of helium
hell, clear, bright
hellblau, light blue
Helligkeit, *f.* brightness, brilliancy
Helmholzsch, Helmholz's, Helmholzian
Helvetier, *m.* Helvetian
Hemisphäre, *f.* hemisphere
hemmen, to check, obstruct, retard
Henkelgefäß, *n.* vessel provided with a handle
Hephästossage, *f.* legend concerning Hephaestus, Hephaestus myth
her, hither, here
herab-fallen (ie, a), to fall down, descend
herab-hängen (i, a), to hang down, be pendant
herab-holen, to draw down, haul in
herab-kommen (a, o), to come down
herab-scheinen (ie, ie), to shine down
herab-setzen, to lower, reduce
herab-sinken (a, u), to sink down, descend
herab-steigen (ie, ie), to descend
herab-stürzen, to plunge (rush) down
heraus-bilden; sich —, to develop
heraus-blasen (ie, a), to blow out
heraus-geben (a, e), to edit, publish
heraus-kommen (a, o), to come out, be forthcoming
heraus-nehmen (a, o), to take out, extract
heraus-ragen, to project
heraus-stellen; sich —, to appear, become evident, prove
heraus-tragen (u, a), to carry out, transport
heraus-ziehen (zog —, —gezogen), to draw out, extract
herbei-führen, to bring about, cause, induce
Herbstmonat, *m.* autumn month
Herd, *m.* hearth (*s. note* **181,** 15)
Herde, *f.* herd, flock
Herdfeuer, *n.* hearth fire, household fire
Herdplatz, *m.* fireplace, hearth
Hergang, *m. s.* **Hingang**

Heringsgräten, *f. pl.* bones (skeleton) of the herring
her-kommen (a, o), to proceed from, originate
Herkunft, *f.* arrival, origin, extraction
hernieder-fallen (ie, a), to fall down, descend
hernieder-prasseln, to rattle down, fall noisily
her-richten, to fit up, adjust, prepare
Herrschaft, *f.* dominion, rule, control
herrschen, to rule, prevail, exist, be found
Herrscher, *m.* ruler, sovereign
her-rühren, to come from, result, be derived (furnished)
her-stammen, to spring (issue) from, originate, be derived
her-stellen, to produce, manufacture, make
herum; um . . . herum, around, about
herum-fliegen (o, o), to fly around
herum-schwingen (a, u), to swing around, whirl
herum-wirbeln, to whirl around
hervor-brechen (a, o), to break forth, issue
hervor-bringen (brachte —, —gebracht), to bring forth, produce, effect
hervor-gehen (ging —, —gegangen), to go (come) forth, proceed, spring, appear, be clear
hervor-heben (o, o), to lift up, set forth, bring out (a fact), stress
hervor-kehren, to turn (set) forth, exhibit, emphasize
hervor-ragen, to project, be prominent; **—d,** conspicuous, (pre)-eminent, distinguished
hervor-rufen (ie, u), to call forth, produce
hervor-stoßen (ie, o), to thrust forth, expel, eject
hervor-treten (a, e), to step forth, emerge, appear; **—d,** prominent
Herz, *n.* heart
heute, today
heutig, of today, modern, present
heutzutage, nowadays, at present, today
hier, here; **hier . . . dort,** in the one case . . . in the other, now . . . then
hieran, at (by, on, of) this
hierauf, hereupon, to this
hieraus, out of (from) this, hence
hierbei, herein; in this case (process), at the same time (*cf.* **bei**)
hierdurch, through this, in this way, by this means
hierfür, for this, in place of this
hierher, hither, here
hierin, in this
hiermit, herewith
hiernach, hereafter, accordingly
hierüber, over (concerning) this, on this point
hiervon, of (from, for) this
hierzu, hereto, to this, for this (purpose), in this (connection)
Hilfe, *f.* help; **zu — nehmen,** call to one's aid, make use of
Hilfsmittel, *n.* help, appliance, apparatus, device
Himalaja, *m.* Himalaya Mts.
Himmel, *m.* heaven, sky

Himmelsfarbe, *f.* color of the sky
Himmelskörper, *m.* heavenly body
himmlisch, heavenly, celestial
hin, thither, away; — **und wieder,** here and there; **nach . . . hin,** towards
hinab, down, downward
Hinabbiegung, *f.* bending downward, depression, concavity
hinab-führen, to lead down
hinab-reichen, to reach down, extend (date) back
hinab-sinken (a, u), to sink down, descend
hinab-steigen (ie, ie), to descend
hinauf, up, upward
hinauf-gehen (ging —, —gegangen), to ascend
hinauf-reichen, to reach up to, extend
hinauf-treiben (ie, ie), to drive upward, erupt
hinaus, out, beyond
hinaus-greifen (i, i), to reach out, extend
hinaus-heben (o, o), to raise above the ordinary level, elevate
hinaus-strahlen, to beam forth, be emitted
hin-blicken, to glance (in a certain direction), look at
Hindernis, *n.* hinderance, obstacle
Hinderniswelle, *f.* wave due to an obstruction, obstacle-wave
hin-deuten, to point, indicate, suggest
hindurch, through(out), across
hindurch-dringen (a, u), to pass through, penetrate
hindurch-gehen (ging —, —gegangen), to pass through
hindurch-schlüpfen, to slip through
hindurch-schreiten (i, i), to pass through, travel
hindurch-strömen, to stream (flow) through
hindurch-ziehen (zog —, —gezogen), to pass (run) through
hinein, in, into
hinein-binden (a, u), to fasten within, attach on the inside
hinein-dringen (a, u), to press in, penetrate
hinein-greifen (i, i), to reach (extend) into
hinein-reichen, to reach (extend) into
hinein-segeln, to sail into
hinein-sinken (a, u), to sink into
hinein-werfen (a, o), to throw into
hinein-ziehen (zog —, —gezogen), to draw into, incorporate
Hingang, *m.*; **Hin- und Hergang,** movement back and forth, rising-falling movement
hingegen, on the contrary
hin-gehören, to belong
hin-schmelzen (o, o), to melt away
Hinsicht, *f.* regard, respect
hinter, behind, after, below
hinter- (*adj.*), hindmost, rear
Hintergrund, *m.* background
Hinterhauptbein, *n.* occipital bone
hinterlassen (ie, a), to leave behind
hinüber-weisen (ie, ie), to point over, be directed (transversely)
hinweg-ziehen (zog —, —gezogen), to move away, pass over

Hinweis, *m.* indication, reference, hint
hin-weisen (ie, ie), to refer (point) to, indicate, point out
hin-ziehen (zog —, —gezogen), to draw (along), attract
Hippopotamus, *m.* hippopotamus
Hirsch, *m.* stag, deer
Hirschhorn, *n.* stag's horn
Hirtenvolk, *n.* race of shepherds, pastoral people
Hissarlik-Troja, *n.* Hissarlik-Troy
histologisch, histological
historisch, historical
Hitze, *f.* heat, temperature
hoch (höher, höchst), high, great, remote, far; **höchst,** exceedingly, extremely
Hochalpenregion, *f.* region of the upper Alps
hochalpin, upper Alpine
hocharktisch, of the far north, polar
hochbedeutend, highly significant, very important
Hochblatt, *n.* floral leaf
hochentwickelt, highly developed
Hochfläche, *f.* elevated plain, plateau
Hochgebirge, *n.* high (upper) mountains, elevated mountain region (*above 2250 m.*)
Hochgebirgsfichte, *f.* upper-mountain pine
Hochgebirgsflora, *f.* flora of an elevated mountain region, alpine flora
Hochgebirgslandschaft, *f.* elevated mountain region
Hochland, *n.* highland(s)
hochmolecular, of complex molecular structure
Hochnorden, *m.* the far north
Hochschicht, *f.* upper layer, elevated stratum
Hochschule, *f.* institution of higher learning, university, college
hochschwebend, floating at a great elevation
Hochsee, *f.* the high seas, open ocean
höchst, *s.* **hoch**
höchstens, at the most
höchstwahrscheinlich, very probable
Hochwasserzeit, *f.* time (period) of high water
Höcker, *m.* hummock, hillock
hoffen, to hope
Hoffnung, *f.* hope
Hoffsch, von Hoff's
Höhe, *f.* height, altitude, elevation; **in die —,** upwards
Höhenbereich, *m.* range of altitude
Höhenbestimmung, *f.* determination of altitude
Höhendifferenz, *f.* difference in elevation
Höheneinteilung, *f.* division in accordance with altitude, vertical distribution
Höhenintervall, *n.* interval measured on a vertical scale, altitudinal interval
Höhenkilometer, *n.* kilometer of elevation, altitudinal kilometer
Höhenlage, *f.* elevation
Höhenschwankung, *f.* variation in altitude

Höhenskala, *f.* scale of elevation, vertical scale
Höhenunterschied, *m.* difference in elevation
Höhenwachstum, *n.* growth upward, linear growth
Höhenzug, *m.* chain of hills (mountains)
Höhepunkt, *m.* height, culmination, climax
Höhestand, *m.* (degree of) elevation, highest point, maximum
hohl, hollow
Hohlbeil, *n.* hollow adze (axe)
Höhle, *f.* hollow, cave
Höhlefels, *m.* Hollow Rock (*name of a cave*)
Höhlenbär, *m.* cave bear
Höhlenbewohner, *m.* cave-dweller
Höhlengegend, *f.* cavernous region
Höhlenleben, *n.* life in caves, cave life
Höhlenraubtier, *n.* cave-dwelling beast of prey
Höhlenwand, *f.* wall of a cave
Hohlraum, *m.* cavity
Höhlung, *f.* cavity, excavation
Hohlzylinder, *m.* hollow cylinder
holländisch, Dutch
Holz, *n.* wood
hölzern, wooden
Holzgewächs, *n.* woody (tree-like) plant; *pl.* shrubs and trees
Holzhütte, *f.* hut constructed of poles, logs, *etc.*, wooden structure
Holzkörper, *m.* ligneous structure, wood
Holzmenge, *f.* quantity of wood
Holzparenchym, *n.* wood-parenchyma
Holzpflanze, *f.* = **Holzgewächs**
Holzspan, *m.* chip of wood
Holzzufuhr, *f.* conveyance (supply) of wood
homogen, homogeneous
honiglos, without honey, non-nectariferous
hören, to hear
Horizont, *m.* horizon
horizontal, horizontal
Horizontale, *f.* horizontal line
Horn, *n.* horn
Hornstein, *m.* hornstone, chert
hufeisenförmig, shaped like a horseshoe
Hüftgelenkspfanne, *f.* socket of the hip bone, acetabulum
Hügel, *m.* hill
Hügelgrab, *n.* tumulus, sepulchral mound
Hügelkette, *f.* chain of hills
Hühnerei, *n.* hen's egg
Hülle, *f.* covering, envelope
hüllen, to cover, veil, envelop
Hund, *m.* dog
hundert, (one) hundred
hundertfach, hundredfold, centuple
Hundertstel, *n.* hundredth
hunderttausend, hundred thousand
Hunderttausendstel, *n.* hundred thousandth
Hundezahn, *m.* dog's tooth
Hundsgrotte, *f.* Grotta del Cane
Hünengrab, *n.* barrow, cairn, sepulchral mound (*cf. note* **27,** 5)
Hunne, *m.* Hun
hüten, to guard, watch; **sich —,** to keep clear of (**vor**), avoid
Hütte, *f.* hut, cottage

Huygenssch, Huygens's
hyalin, hyaline, glassy
Hyaloplasma, *n.* hyaloplasm, hyaline
Hydratbildung, *f.* hydration, hydrate
Hydromegatherme, *f. s. note* **104,** 21
Hydrosphäre, *f.* hydrosphere
hydrostatisch, hydrostatic
Hygrometer, *n.* hygrometer
hygrophil, moisture-loving, hygrophilous
Hygrophyt, *n.* hygrophyte
hygrophytisch, hygrophytic
Hygroskopicität, *f.* hygroscopicity
hygroskopisch, hygroscopic
Hypothese, *f.* hypothesis
hypothetisch, hypothetical

I

ich, I
ideal, ideal
Idee, *f.* idea
identisch, identical
Identität, *f.* identity
ihr, her, its, their
Ihr, your
Illyrier, *m.* Illyrian
Ilmenit, *m.* ilmenite
immer, always, ever
immerhin, after all, anyhow, still
imstande; — sein, to be in a position, be able
in, in, into, to, at, on
indem, in that, while, as, since
Inder, *m.* (East) Indian, Hindu
indes, indessen, meanwhile, however; while, whereas
Indianer, *m.* Indian
Indien, *n.* India
indifferent, indifferent, neutral
indigoblau, indigo-blue
indirekt, indirect
indisch, (East) Indian
Individualität, *f.* individuality
individuell, individual
Individuenzahl, *f.* number as (separate) individuals
Individuum, *n.* individual
indogermanisch, Indo-Germanic
induktiv, inductive
Industrie, *f.* industry, manufacture
induzieren, to induce; **induziert aktiv,** active through induction
ineinander, in(to) one another, one into the other
Ineinandergreifen, *n.* interplay
Infektion, *f.* infection
Infektionskrankheit, *f.* infectious disease
infolge, in consequence of
infolgedessen, consequently
Infusionstierchen, *n.* infusorial animalcule, infusorian
Inhalt, *m.* content(s), capacity, volume
inmitten, in the midst of
innen, within, inside
Innenraum, *m.* interior
inner–, inner, internal; **Inneres, das Innere,** interior, inside
Innerasien, *n.* Central Asia
innerhalb, within, inside of
inne-wohnen, to dwell (be lodged) in
innig, intimate, close
insbesondere, in particular, especially

Insekt, *n.* insect
Insektenblütler, *m.* entomophilous plant
Insel, *f.* island, isle
Inselflora, *f.* insular flora
Inselgruppe, *f.* group of islands
insofern, in so far as; to this extent
Instanz, *f.* instance, resort; **in letzter —,** in the final analysis
Institut, *n.* institute
instruktiv, instructive
Instrument, *n.* instrument
Instrumentarium, *n.* collection of instruments
insular, insular
Intellekt, *m.* intellect
Intelligenz, *f.* intelligence
intensiv, intense, intensive
Intercellularraum, *m.* intercellular space
interessant, interesting
Interesse, *n.* interest
interessieren, to interest
Interferenz, *f.* interference
Interferenzerscheinung, *f.* phenomenon of interference
Interferenzstreifen, *m.* interference-band
intermolekular, intermolecular
international, international
interstellar, interstellar
Intervall, *n.* interval
intramolekular, intramolecular (*cf. note* **78**, 4)
Inversion, *f.* inversion
inwendig, interior, inner
inzwischen, in the meantime, meanwhile
Ion, *n.* ion
Ionentheorie, *f.* ionic theory
irdisch, earthly, terrestrial
irgend, any (at all), some
irgendein, some (one), some . . . or other
irgendetwas, something (or other)
irgendwelch, any
irgendwie, anyhow, in any way
irgendwo, somewhere
irrig, erroneous, mistaken
Irrtum, *n.* error, mistake
Island, *n.* Iceland
isolieren, to isolate
isomorph, isomorphic
isotherm, isothermal
Italien, *n.* Italy

J

ja, yes, indeed, you know
Jagd, *f.* chase, hunt(ing)
Jagdpartie, *f.* company of hunters, hunting party
Jagdtier, *n.* beast of the chase
Jägerkultur, *f.* venatic (bow-and-arrow) civilization
Jägervolk, *n.* race of huntsmen, venatic people
Jahr, *n.* year
jahrelang, (lasting) for years
Jahresmittel, *n.* average for the year, annual average
Jahresreihe, *f.* series of years
Jahrestemperatur, *f.*, **Jahreswärme,** *f.* annual temperature
Jahreszeit, *f.* season
jahreszeitlich, seasonal
Jahrgang, *m.* annual cycle, season, year
Jahrhundert, *n.* century
–jährig, years old, of . . . years
jährlich, annual

Jahrtausend, *n.* period of a thousand years, millennium
jahrtausendelang, (lasting) for thousands of years
Jahrzehnt, *n.* decade
jahrzehntelang, extending over decades
Januar, *m.* January
Januartemperatur, *f.* temperature for January
je, ever, each (*cf. note* **103,** 2); **je . . . um so** (*with comparatives*), the . . . the; **je nach,** *s. note* **63,** 30; **je nachdem,** according as (*s. also note* **92,** 19); **von — her,** always
Jeannetteströmung, *f.* Jeannette current
jedenfalls, at any rate
jeder, each, every; any
jedermann, every one
jederzeit, at any time
jedesmal, every time, always
jedoch, however, nevertheless
jeglich, each, every, any
jener, that (one), the former
jenseits, beyond
jetzt, now
jeweilen, from time to time; for the time being
Jod, *n.* iodine
jugendlich, youthful, immature
Juli, *m.* July
jung, young, late, recent
jungdiluvial, late diluvial (glacial)
Jüngling, *m.* youth, young man
jung-steinzeitlich, neolithic
Juni, *m.* June
Jupitermond, *m.* satellite of Jupiter
Jura, *m.* Jura Mts.
Juraformation, *f.* Jurassic formation
Juraweide, *f. s. note* **113,** 26

K

Kabinett, *n.* cabinet, collection
kahl, bald, bare
Kaktus, *m.* cactus
Kalifornien, *n.* California
Kalilauge, *f.* (caustic) potash-lye
Kalium, *n.* potassium
Kaliumsalz, *n.* potassium salt
Kalk, *m.* lime, limestone
kalkabscheidend, excreting lime, lime-secreting
Kalkbank, *f.* bed of limestone, calcareous deposit
Kalkbildung, *f.* calcareous formation, deposit of lime(stone)
Kalkfels, *m.* calcareous rock, mass of limestone
Kalksalz, *n.* salt of lime
Kalkschale, *f.* calcareous shell
Kalkschicht, *f.* calcareous stratum, limestone bed
Kalkstein, *m.* limestone
Kalorie, *f.* calory
kalt, cold
Kälte, *f.* cold, coldness
Kältegebiet, *n.* frigid region, zone of cold
Kältegefühl, *n.* sensation of cold
Kältegrad, *m.* degree of cold (*below 0° C.*), zero temperature
Kälteperiode, *f.* period of cold, winter season
Kältepol, *m.* pole of lowest temperature
Kälteschutz, *m.* protection against cold

Kältestarre, *f.* rigidity (lifelessness) resulting from cold, numbness, torpidity
Kältetheorie, *f.* cold-theory
Kältewüste, *f.* desert resulting from cold, arctic desert
Kalzium, *n.* calcium
Kalziumdampf, *m.* vapor (fumes) of calcium
Kammer, *f.* chamber
kammerartig, having the form of a chamber, cellular
Kämmerchen, *n.* little chamber, cell
Kampf, *m.* combat, conflict, strife, struggle
Kamtschadaler, *m.* Kamchatkan
Kanone, *f.* cannon
Kanonenkugel, *f.* cannon-ball
känozoisch, Caenozoic
Kante, *f.* edge, ridge
Kanton, *m.* canton
Kapacität, *f.* capacity
Kapitän, *m.* captain
Kapitel, *n.* chapter
Karminkörnchen, *n.* granule of carmine
Karminpulver, *n.* pulverized carmine
Karpathen, *pl.* Carpathian Mts.
Karte, *f.* card, map, chart; **alles auf eine — setzen,** to hazard all on a single venture
Kasan, *n.* Kazan
Kastendrachen, *m.* box kite
Kasuarineen, *f. pl.* Casuarinaceae
Katastrophe, *f.* catastrophe
katastrophenartig, catastrophic
Kategorie, *f.* category
Kathodenstrahl, *m.* cathode ray
Katze, *f.* cat
kaum, scarcely
kehren, to turn, sweep
Keim, *m.* germ, embryo, seed, bud
keimen, to germinate
keimfähig, capable of germinating, germinative
Keimfähigkeit, *f.*, **Keimkraft,** *f.* germinative power, vitality
Keimling, *m.* embryo, germinating seed, sprout
Keimpflanze, *f.* young plant, sprout
Keimverlust, *m.* loss of germinative power
kein, no, none
keinerlei, of no kind, no sort of
keinesfalls, by no means, certainly not
keineswegs, by no means
Kelt, *m.* celt, amgarn
Kelte, *m.* Celt
kennen (kannte, gekannt), to know, be acquainted with, recognize
Kenner, *m.* expert, judge
kenntlich, recognizable, distinguishable
Kenntnis, *f.* knowledge, understanding, information
Kennzeichen, *n.* mark, characteristic, criterion
Keramik, *f.* ceramics, pottery
Kerguelen, *f. pl.* Kerguelen Island(s), Kerguelen Land
Kerguelenkohl, *m.* Kerguelen Land cabbage
Kermadektiefe, *f.* Kermadec deep
Kern, *m.* kernel, nucleus, core, center, main body
Keßlerloch, *n.* Kessler's Cavern
Kette, *f.* chain, range

ketten, to chain
Keuper, *m.* Keuper
kg = Kilogramm, *n.* kilogram
kgl. = königlich
Kiefer, *m.* jaw, jaw-bone, maxilla
Kiefer, *f.* Scotch pine (*Pinus sylvestris*)
Kies, *m.* gravel
Kieselgur, *m.* infusorial silica, diatomaceous earth, guhr
Kieselsäure, *f.* silicic acid, silica
Kieselschale, *f.* silicious shell
Kilometer, *n.* (*m.*) kilometer
kilometerweit, kilometers distant (apart)
Kind, *n.* child
kindisch, childish
kinetisch, kinetic
Kinn, *n.* chin
Kinnbildung, *f.* formation (structure) of the chin
Kipplage, *f.* tilted position
Kjökkenmöddinger, *m. pl.* kitchen middens
klaffen, to yawn, gape
Klafter, *f.* fathom
klar, clear
klar-machen, to make clear, explain
Klärung, *f.* clearing up, solution
Klassifikation, *f.* classification
Klassifizierung, *f.* classifying, classification
klassisch, classic
Klaviersaitendraht, *m.* piano wire
kleben, to cleave, adhere, remain upon
Kleid, *n.* dress, garment
kleiden, to dress
Kleidung, *f.* clothing, costume, attire
klein, small, little; **im —en,** on a small scale, in miniature
kleinasiatisch, of Asia Minor
Kleinasien, *n.* Asia Minor
Kleinheit, *f.* smallness, minuteness
Klima, *n.* (*pl.* **Klimate**) climate
Klimaänderung, *f.* change in climate
Klimagebiet, *n.* climatic region (zone)
klimatisch, climatic
Klimatologie, *f.* climatology
Klimazone, *f.* climatic zone
Klinge, *f.* blade
klingen, to sound, ring, be resonant
Kluft, *f.* cleft, chasm
Klugheit, *f.* prudence, sagacity
Klümpchen, *n.* little lump, small mass
km = Kilometer
Knall, *m.* report, detonation
Knallgas, *n.* explosive gas, oxyhydrogen gas
Knecht, *m.* man-servant, farm-hand
knieförmig, knee-shaped, elbowed
Knochen, *m.* bone
Knochenanhäufung, *f.* pile (collection) of bones
Knochenmark, *n.* bone-marrow, osteomyelon
Knochennadel, *f.* bone needle
Knochenreste, *m. pl.* remains of bones, bone fragments
Knolle, *f.* tuber, bulb
Knorpel, *m.* cartilage
Knoten, *m.* node, knot
knüpfen, to tie, attach; **geknüpft sein an,** to be connected with, involve
Kobalt, *m.* cobalt

kochen, to cook, boil
Kochgefäß, *n.* cooking vessel
Kochsalz, *n.* cooking salt, sodium chloride
Kochstein, *m.* cooking-stone (*cf. p.* **26,** ll. 13–16)
Kohl, *m.* cabbage
Kohle, *f.* coal, charcoal
Kohlenflöz, *n.* seam of coal, coal-bed
Kohlenhydrat, *n.* carbohydrate
Kohlenlager, *n.* coal-bed, coal deposit
Kohlenoxyd, *n.* carbon monoxide
Kohlenrest, *m.* charred remnant, bit of charcoal
kohlensauer, carbonic; **—er Kalk,** carbonate of lime
Kohlensäure, *f.* carbon dioxide, carbonic acid
Kohlensäureabgabe, *f.* giving off (discharge) of carbon dioxide
Kohlensäureassimilation, *f.* assimilation of carbon dioxide
Kohlensäureatmosphäre, *f.* atmosphere of carbon dioxide
Kohlensäureaufnahme, *f.* appropriation (absorption) of carbon dioxide
kohlensäurehaltig, containing (charged with) carbon dioxide
Kohlensäurehydrat, *n.* carbonic hydrate, carbonic acid
Kohlensäureoxyd, *n.* carbonic (mon)oxide
Kohlenstoff, *m.* carbon
Kohlenstoffassimilation, *f.* carbon assimilation, fixation of carbon
Kohlenstoffatom, *n.* atom of carbon
Kohlenstoffverbindung, *f.* carbon compound
Kokke, *f.* coccus
Kollenchym, *n.* collenchyma
Köln, *n.* Cologne
Kolonie, *f.* colony
Koloß, *m.* colossus, monster
Kolumbien, *n.* Colombia
Kombination, *f.* combination
kombinierend, combining, combinative
Komet, *m.* comet
Kometenschweif, *m.* tail of a comet
Komma, *n.* comma
kommen (a, o), to come, come about, happen, be added
Komplex, *m.* complex, assemblage
kompliziert, complicated, complex
Kompliziertheit, *f.* complexity
Komponente, *f.* component
komponierend, component
kompressibel, compressible
Kompression, *f.* compression
komprimieren, to compress
Kondensation, *f.* condensation
Kondensationskern, *m.* center (nucleus) of condensation
kondensieren, to condense
Konglomerat, *n.* conglomerate
königlich, royal
König Oskarland, *n. s. note* **124,** 18
können (konnte, gekonnt), to be able, can
Konservativismus, *m.* conservatism
Konsistenz, *f.* consistency
konstant, constant, fixed
Konstante, *f.* constant
Konstanz, *n.* Constance
Konstanz, *f.* constancy, indestructibility, conservation

konstatieren, to establish as true, verify
Konstitution, *f.* constitution, composition
konstitutionell, constitutional
konstruieren, to construct
Kontinent, *m.* continent
kontinental, continental
Kontinentalfläche, *f.* continental surface (area)
Kontinentalsockel, *m.* continental base(ment)
Kontinentalstrom, *m.* continental stream (river)
Kontinentalstufe, *f.* (*submarine*) continental terrace
kontinuierlich, continuous, without a break
kontraktil, contractile
Kontraktilität, *f.* contractility
Kontraktion, *f.* contraction
Kontrast, *m.* contrast
kontrastieren, to contrast
Kontrolle, *f.* control, check(ing), verification
Konvektion, *f.* convection
konvektiv, convective
Konversations-Lexikon, *n.* encyclopedia
Konzentration, *f.* concentration
konzentrieren, to concentrate
Konzeption, *f.* conception
Kopenhagen, *n.* Copenhagen
Kopenhagener, Copenhagen (*adj.*)
Kopf, *m.* head, rounded protuberance, knob
Kopie, *f.* copy, duplicate
Koralle, *f.* coral, coral polyp
Koralleninsel, *f.* coral island
Korallenriff, *n.* coral reef
Korb, *m.* basket
Korbflechterei, *f.* basket weaving, basketry
Kork, *m.* cork
Korn, *n.* grain, kernel, granulation
Körnchen, *n.* fine grain, granule
körnchenfrei, destitute of granules
Körnerfrüchte, *f. pl.* cereals
Körnerplasma, *n.* granular protoplasm
körnig, granular
Korona, *f.* corona
Koronasubstanz, *f.* coronal substance (material)
Koronium, *n.* coronium
Körper, *m.* body
Körperchen, *n.* small body, particle, corpuscle
Körperlichkeit, *f.* physical structure
Körperteilchen, *n.* material particle, molecule
korsisch, Corsican
kosmisch, cosmic
kosmologisch, cosmological
Kosten, *f. pl.* costs, expense
Kostenaufwand, *m.* expenditure, expense
kostspielig, expensive
Kraft, *f.* force, power, strength, energy, capacity
kraft, by virtue of
Kraftäußerung, *f.* manifestation of energy
kräftig, powerful, heavy, vigorous
Kraftlinie, *f.* line of force
Kraftquelle, *f.* source of energy
Kraftverbrauch, *m.* expenditure of energy
kraftvoll, vigorous, strong

Kraftwechselvorgang, *m.* process of dynamic transformation, conversion of energy
Krakatauflora, *f.* flora of the island of Krakatua
Krakatauinsel, *f.* Krakatua Island
Krankheit, *f.* sickness
Krantzsch, Krantz's, Krantzian
Kranz, *m.* wreath, ring
Kraut, *n.* herb, plant
Kreide, *f.* chalk
Kreideformation, *f.* cretaceous formation (system)
Kreideperiode, *f.*, **Kreidezeit,** *f.* cretaceous period (era)
Kreis, *m.* circle; **der größte —,** meridian
kreisen, to circulate, revolve; **—d,** rotary
kreisförmig, circular
Kreislauf, *m.* circulation
Kreislinie, *f.* circular line, circle
Kremstal, *n.* valley of the Krems
Kreuz, *n.* cross
Kreuzblütler, *m. pl.* cruciferous plants, *Cruciferae*
Kreuzpunkt, *m.* intersection
Kristall, *m.* crystal
kristallinisch, crystalline
Kristallisationsprozess, *m.* process of crystallization
kristallisierbar, crystallizable
Kristallwasser, *n.* water of crystallization
Kritik, *f.* criticism, critique
kritisch, critical
Kroatien, *n.* Croatia
Krone, *f.* crown
Kronenfläche, *f.* surface of the crown (*of a tooth*)
Krug, *m.* jug, pitcher
krümmen, to bend, curve, crook
Krümmung, *f.* curvature, bend
Kryptogame, *f.* cryptogam, cryptogamian plant
Krypton, *n.* crypton
Kubikinhalt, *m.* cubic contents
Kubikmeter, *n.* (*m.*) cubic meter
Kubikzentimeter, *n.* (*m.*) cubic centimeter
Küche, *f.* kitchen
Küchenabfallshaufen, *m.* heap of kitchen refuse
Küchenreste, *m. pl.* kitchen leavings, offal, scraps
Kugel, *f.* sphere, ball
Kugelfläche, *f.* spherical surface, surface of the globe
Kugelform, *f.*, **Kugelgestalt,** *f.* spherical form
kugelrund, spherical, globular
Kugelschale, *f.* spherical shell (envelope)
kuglig, globular
kühl, cool
Kulm, *m.* Culm
Kultur, *f.* civilization, culture, cultivation
kulturell, cultural, pertaining to civilization
Kulturgeschichte, *f.* history of civilization; **— der Pflanzen,** history of cultivated plants
kulturgeschichtlich, with reference to (in) the history of civilization
Kulturland, *n.* civilized country
Kulturlaufbahn, *f.* course of civilization, cultural career
Kulturleben, *n.* civilized life, civilization

Kulturleistung, *f.* achievement of civilization, cultural achievement
Kulturmensch, *m.* civilized man
Kulturperiode, *f.* period of civilization, cultural epoch
Kulturreste, *m. pl.* cultural remains (relics)
Kulturstadium, *n.* stage of civilization, cultural epoch
Kulturstrich, *m.* cultivated tract (area)
Kulturstufe, *f.* stage of civilization, culture level
Kulturvolk, *n.* civilized people (nation)
Kultus, *m.* cult, worship
kund-geben (a, e), to make known, reveal
Kunst, *f.* art
künstlerisch, artistic; in the field of art
künstlich, artificial, imitated; in imitation
kunstvoll, artistic, dexterous, ingenious, intricate
Kunstwerk, *n.* work of art
Kupfer, *n.* copper
Kupferdraht, *m.* copper wire
Kupferfund, *m.* discovery of copper objects, copper relic
kupferrot, coppery red
Kupfersache, *f.* object of copper
Kurilen, *f. pl.* Kurile Islands
Kurve, *f.* curve
kurz, short, brief; in short; **vor —em,** recently
Kürze, *f.* shortness, brevity; **in —,** briefly
kurzlebig, short lived
kürzlich, late, recently
Küste, *f.* coast
Küstengebiet, *n.* coast region, littoral
Küstengebirge, *n.* coastal mountain-range
Küstenland, *n.* shore-land, coast region

L

l = Liter
Laach, *n.* St. Maria Laach (*abbey N. W. of Koblenz*)
Laboratorium, *n.* laboratory
Lackmus, *m.* litmus
Lackmuspapier, *n.* litmus paper
laden (u, a), to load, charge
Ladung *f.* load, charge
Lage, *f.* situation, position
Lager, *n.* layer, bed
lagern, to lay down, embed, lie, be deposited
lähmen, to make lame, paralyze
Lähmung, *f.* laming, paralysis
lamellenartig, sheet-like, film-like
Lampe, *f.* lamp
Land, *n.* land
Länderstrecke, *f.* stretch of country, district
Landhalbkugel, *f.* land hemisphere
landläufig, customary, current
Landmark, *f.* boundary, border
Landmasse, *f.* body of land, landmass
Landoberfläche, *f.* surface of the land
Landpflanze, *f.* land plant
Landschaft, *f.* landscape, region, district
Landschaftsbild, *n.* landscape, scene, physical aspect

Landungsküste, *f.* coast on which objects are washed up, landing shore
lang, long; **länger** (*cf. note* **98,** 7); **längst,** long since, for a long time; **eine Stunde —,** for an hour
lange, long, for a long time
Länge, *f.* length, longitude
Längenausdehnung, *f.* longitudinal extension, linear dimension
langgestreckt, elongated
langgezogen, elongated
länglich, oblong, prolate, rather long
längs, along
Längsachse, *f.* longitudinal axis
langsam, slow
Langschwert, *n.* long sword, broadsword
Längsrinne, *f.* longitudinal groove
längst, *s.* **lang**
längstverflossen, long past, remote, by-gone
Lanze, *f.* lance
Lanzenspitze, *f.* lance-head, spearhead
Lappland, *n.* Lapland
lassen (**ie, a**), permit, allow (*cf. note* **14,** 2)
lateinisch, Latin
La Tène-Kultur, *f.* civilization (culture) of the La Tène period
La Tène-Periode, *f.* La Tène period
latent, latent, dormant
Laub, *n.* foliage, leaves
Laubblatt, *n.* foliage-leaf
Laubwald, *m.* foliaceous wood(s), deciduous forest
laubwechselnd, deciduous
Lauf, *m.* running, career
laufen (**ie, au**), to run
Lauge, *f.* lye, alkali
laugenbildend, forming alkalis, alkaligenous
laugenhaft, alkaline
Laut, *m.* sound
lauten, to sound, be worded; **die Antwort lautet . . . ,** the answer is . . .
lauter, pure, mere, nothing but
Lava, *f.* lava
leben, to live
Leben, *n.* life
lebendig, living, active
Lebensbedingung, *f.* condition of life, vital circumstance, influence controlling existence
Lebenseigenschaft, *f.* property of living matter, vital characteristic
Lebenseinheit, *f.* vital unit, organic monad, biotic element
Lebenserscheinung, *f.* vital phenomenon
Lebensform, *f.* form of life (living matter), organic type
Lebensfunktion, *f.* vital function
Lebenshalt, *m.* maintenance (conduct) of life
Lebenshülle, *f.* organic envelope
Lebensproblem, *n.* problem of life
Lebensprozess, *m.* vital process (activity), life
Lebensstadium, *n.* stage (phase) of life
Lebenssubstanz, *f.* component of living matter, vital substance (tissue)
Lebenstätigkeit, *f.* vital activity, life-process

Leber, *f.* liver
Lebewesen, *n.* living being (creature), organism
lebhaft, lively, active, rapid, strong, bright
leblos, lifeless
lediglich, solely, merely, exclusively
Lee, *f.* lee; **in —,** under the lee
leer, empty
Leere, *f.* emptiness, vacuum
legen, to lay, place
Lehm, *m.* loam, clay
Lehmbank, *f.* clay-bank, bench of clay
lehmverkleidet, coated with clay
Lehrbuch, *n.* text-book, manual
Lehre, *f.* doctrine, theory
lehren, to teach
lehrreich, instructive
Leiche, *f.* corpse, dead body
Leichentuch, *n.* shroud
leicht, light, easy
leiden, (**litt, gelitten**), to suffer (from, because of = **an**), permit
leider, unfortunately, alas
leisten, to perform, accomplish
Leistung, *f.* performance, operation
Leistungsfähigkeit, *f.* operative power, efficiency
leiten, to lead, conduct, guide, govern; **—d,** conductive
Leitfossil, *n.* index fossil
Leitsatz, *m.* leading (main) statement, proposition
Leitung, *f.* conduction
Leitungsbahn, *f. s. note* **108,** 24
lenken, to turn, guide, direct
lernen, to learn
lesen (a, e), to read
letztenmal; zum —, for the last time, last
letzter —, last, final; latter, recent
Leuchte, *f.* light, lamp, torch
leuchten, to emit light, gleam, shine
Leuchten, *n.* gleaming, coruscation, glow
Leuchterscheinung, *f.* display of light, gleam(ing), brilliancy
Leukocyt, *m.* leucocyte
Leveche, *m. s. note* **117,** 17
Lias, *m.* Lias
Licht, *n.* light
Lichtäther, *m.* luminiferous ether
Lichtbewegung, *f.* movement (transit) of light, light-transmission, light-wave
Lichtbogen, *m.* arc-light
Lichteinwirkung, *f.* action of light
Lichterscheinung, *f.* display of light, light-phenomenon
Lichtfortpflanzung, *f.* propagation of light
Lichtgeschwindigkeit, *f.* velocity of light
lichtlos, dark
Lichtmenge, *f.* amount of light
Lichtphänomen, *n.* = **Lichterscheinung**
Lichtpyramide, *f.* pyramid of light, luminous pyramid
Lichtquelle, *f.* source of light
Lichtschimmer, *m.* shimmer (gleam) of light
Lichtstrahl, *m.* beam of light, light-ray
Lichtstrahler, *m.* emitter of light, light-radiator
Lichtträger, *m.* bearer of light, light-transmitter

Lichtwelle, *f.* light-wave
lieb, dear
liefern, to furnish, provide
liegen (a, e), to lie, be at rest, be found (situated)
Limattal, *n.* valley of the Limmat
Lindenberger, Lindenberg (*adj.*)
Linie, *f.* line, branch; **in erster —,** primarily
Linienornamentik, *f.* line ornamentation, linear decoration
link, left
links, (to *or* on) the left
Linse, *f.* lens
Litauer, *m.* Lithuanian
Liter, *n.* (*m.*) liter
Literatur, *f.* literature
Lithiumsalz, *n.* lithium salt
Lithosphäre, *f.* lithosphere
litoral, littoral
Liverpoolküste, *f.* Liverpool Coast
locker, loose
lockern, to loosen, disintegrate
Lockerung, *f.* loosening, decomposition
Löffel, *m.* spoon
Löffelchen, *n.* little spoon, (*chemist's*) ladle
logisch, logical
lokal, local; in places
Lokalisation, *f.* localization
Lokalisierung, *f.* locating, localization
Lokalklima, *n.* local climate
Lokomotionsorgan, *n.* motor organ
Lombardei, *f.* Lombardy
lösen, to loosen, dissolve, solve, answer, explain
los-lassen (ie, a), to set free, release
löslich, soluble
los-lösen, to loosen, detach
Löß, *m.* loess
Lößlager, *n.* bed of loess, loess deposit
Lösung, *f.* solution
löten, to solder
Löwe, *m.* lion
Lücke, *f.* gap, breach, space
lückenlos, without a gap, unbroken
lückenvoll, with many gaps, lacunose
Luft, *f.* air
Luftballon, *m.* air-balloon
Luftblase, *f.* air bubble
Luftdruck, *m.* air (atmospheric) pressure
Luftdruckkurve, *f.* curve of atmospheric pressure
Luftdruckverhältnis, *n.* condition due to air pressure
Luftfahrt, *f.* = **Luftschifffahrt**
Luftfeuchtigkeit, *f.* atmospheric humidity
Lufthülle, *f.* covering of air, atmospheric envelope
luftig, airy, aerial, gaseous
luftleer, void of air, vacuous
Luftmasse, *f.* mass (body) of air
Luftmenge, *f.* quantity (body) of air
Luftozean, *m.* sea of air, atmospheric ocean
Luftschicht, *f.* layer (belt) of air, atmospheric stratum
Luftschiff(f)ahrt, *f.* aerial navigation (voyage), aeronautics
Luftspektrum, *n.* atmospheric spectrum
Luftstrom, *m.*, Luftströmung, *f.* air current

Luftteilchen, *n.* air molecule, particle of air
Lufttemperatur, *f.* temperature of the air
lufttrocken, air-dried
Luftverhältnis, *n.* atmospheric condition
Luftwirbel, *m.* whirlwind; **zyklonischer —,** cyclonic storm
Luftwoge, *f.* billow of air, atmospheric wave
Luftzirkulation, *f.* atmospheric circulation, circulation of the air
Luftzug, *m.* draught (blast) of air
lügen (**o, o**), to lie
Lüneburger Heide, *f.* Lüneburg Heath
Lunge, *f.* lung
Lungenatmung, *f.* breathing with the lungs
Lure, *f.* lure (*cf. note* **32,** 19)
Luvseite, *f.* side exposed to the wind, weather quarter
lybisch, Lybian
Lymphe, *f.* lymph
Lymphkörperchen, *n.* lymph corpuscle
Lymphzelle, *f.* lymph-cell

M

m = Meter
mäanderartig, meandering, winding
machen, to make
Macht, *f.* might, power
mächtig, mighty, powerful, strong, thick
Mächtigkeit, *f.* thickness, depth
Magdalénien, *n.* Magdalenian (culture *or* period)
Magdalénienperiode, *f.* Magdalenian period (era)
magisch, magical
Magma, *n.* magma
magmatisch, magmatic
Magnesium, *n.* magnesium
Magnesiumdampf, *m.* vapor (fumes) of magnesium
Magnesiumsalz, *n.* magnesium salt
Magnet, *m.* magnet
Magneteisen, *n.* magnetic iron, magnetite
magnetisch, magnetic
Magnetismus, *m.* magnetism
Magnetit, *m.* magnetite
mähen, to mow, reap
mahnen, to remind, warn, admonish
Mähren, *n.* Moravia
Mai, *m.* May
Mal, *n.* time; **mal,** time(s)
Malaiisch, Malay, Malayan
malerisch, picturesque
Malm, *m.* Malm
Mammut, *n.* mammoth.
Mammutperiode, *f.*, **Mammutzeit,** *f.* era of the mammoth, mammoth age
man, one, they, people
manch, many a one, many
mancherlei, of several kinds, various
manchmal, many times, often
Mangan, *n.* manganese
Mangel, *m.* want, lack, deficiency
mangelhaft, deficient, defective, imperfect
manifestieren, to manifest
Mann, *m.* man
manneshoch, of the height of a man

Manneshöhe, *f.* height of a man
mannigfach, manifold, various
mannigfaltig, manifold, diverse
Mannigfaltigkeit, *f.* multiplicity, diversity
Mantel, *m.* mantle, cloak
märchenhaft, fabulous, romantic
Märchenwelt, *f.* fairy-land
marin, marine, oceanic
Marineleutnant, *m.* naval lieutenant
maritim, maritime
markant, well defined
Markstein, *m.* land-mark
Markstrahlen, *m. pl.* medullary rays
Marmor, *m.* marble
Marsch, *f.* marsh, fen
Marseiller, Marseilles (*adj.*)
März, *m.* March
Maschine, *f.* machine, engine
Maß, *n.* measure, extent, degree
Masse, *f.* mass, body, volume
Massenbewegung, *f.* mass movement, shifting *en masse*
Massendefekt, *m.* defects (lacunae) in (rock-)masses, geotectonic cavities
Masseneinheit, *f.* unit of mass
massenhaft, in large quantities, numerous
Massenüberschuß, *m.* excess in mass
Massenverlust, *m.* loss of mass, shrinkage
maßgebend, determinative, decisive
mäßig, moderate
Massigkeit, *f.* massiveness
Maßstab, *m.* measuring rod, scale
Material, *n.* material, datum
Materialmenge, *f.* quantity of material
Materie, *f.* matter, substance
materiell, material
mathematisch, mathematical
matt, faint, feeble, dim
Maulwurfshaufen, *m.* mole-hill
Max. = Maximum, *n.* maximum
Mechanik, *f.* mechanics
mechanisch, mechanical
mediterran, Mediterranean
Mediterranflora, *f.* flora of the Mediterranean basin
Medium, *n.* medium
Meer, *n.* sea, ocean
Meerbewohner, *m.* inhabitant of the sea, marine organism
Meereis, *n.* marine ice, ice-floe
Meeresbecken, *n.* oceanic basin
Meeresbewohner, *m.* = **Meerbewohner**
Meeresbucht, *f.* bay (inlet) of the ocean
Meeresfisch, *m.* sea-fish
Meeresgrund, *m.* bottom of the sea
Meereshöhe, *f.* elevation above sea-level
Meeresniveau, *n.* sea-level
Meeresoberfläche, *f.* surface of the sea
Meerespflanze, *f.* marine plant
Meeresspiegel, *m.* surface of the sea, sea-level
Meeresströmung, *f.* ocean current
Meeresströmungssystem, *n.* system of ocean currents
Meerestiefe, *f.* depth of the sea, oceanic deep
Meeresversteinerung, *f.* marine petrifaction (fossil)

Meereswelle, *f.* wave of the sea, billow
Meereswoge, *f.* billow of the sea, wave
Meerkokosnuß, *f.* sea-cocoanut, *coco-de-mer*
Meertier, *n.* marine animal (organism)
Meerwasser, *n.* sea-water
mehlreich, mealy, farinaceous
mehr, more; **andere —,** still others; **nicht —,** no longer
mehrere, several
mehrfach, manifold; repeatedly
mehrmals, several times, repeatedly
Mehrzahl, *f.* majority
Meile, *f.* mile
mein, my, mine
meist, most, mostly; **am —en,** most of all
meistens, mostly, for the most part
Melville-Bai, *f.* Melville Bay
Membran(e), *f.* membrane
Mendelejeffsch, Mendeléeff's
Menge, *f.* multitude, number, quantity, amount
Mensch, *m.* man, human being
Menschenaffe, *m.* anthropoid ape
menschenähnlich, almost human
Menschenart, *f.* human species, race (of men)
Menschengedenken, *n.* memory of man
Menschengeschichte, *f.* human history
Menschengeschlecht, *n.* mankind, human species
Menschenkraft, *f.* human power (energy)
Menschenleben, *n.* human life
Menschenrasse, *f.* human species, race of men
Menschenrest, *m.* human remain(s)
Menschenschlag, *m.* race of men
Menschenvolk, *n.* people, race
Menschenwerkzeug, *n.* implement used by man
Menschenzahn, *f.* human tooth
Menschheit, *f.* mankind, human race
Menschheitsgeschichte, *f.* history of mankind
menschlich, human
Menschwerdung, *f.* origin (descent) of man
Meridian, *m.* meridian
merken, to mark, note, notice
merklich, perceptible, noticeable
Merkmal, *n.* characteristic, token, mark, attribute
Merkur, *m.* Mercury, mercury
merkwürdig, remarkable, noteworthy
Mesoderm, *n.* mesoderm
mesolithisch, mesolithic
Mesophyt, *n.* mesophyte
mesophytisch, mesophytic
Mesopotamien, *n.* Mesopotamia
Mesotherme, *f. s. note* **104,** 21
mesozoisch, mesozoic
meßbar, measurable
Meßbereich, *m.* range within which measurements *or* observations can be taken, scope of action
messen (a, e), to measure, estimate, gauge; **sich —,** to cope, compete (with)
Messer, *n.* knife

Messung, *f.* measurement, observation
Mestom, *n.* mestome
Metall, *n.* metal
Metallbearbeitung, *f.* smithcraft
Metalldampf, *m.* vapor of (a) metal, metallic fumes
Metalloxyd, *n.* metallic oxide
Metallplatte, *f.* metal plate
Metallurgie, *f.* metallurgy
Metallwaffe, *f.* weapon of metal
Metallzeit, *f.* metal (bronze-iron) age
Metamorphose, *f.* metamorphosis, metamorphism
Meteor, *n.* meteor
Meteoreisen, *n.* meteoric iron, iron meteorite
Meteorfall, *m.* fall(ing) of a meteor
Meteorit, *m.* meteorite
Meteoritenkörper, *m.* body of a meteorite, meteorite proper
Meteorograph, *m.* meteorograph
Meteorolog, *m.* meteorologist
Meteorologie, *f.* meteorology
meteorologisch, meteorological
Meteorstaub, *m.* meteoric dust
Meteorstein, *m.* meteorite
Meter, *n.* (*m.*) meter
Methode, *f.* method
methodisch, methodical
Mexiko, *n.* Mexico
mg = **Milligramm,** *n.* milligram
Mikroorganismus, *m.* micro-organism
Mikroskop, *n.* microscope
mikroskopisch, microscopical
Mikrosom, *n.* microsoma
Mikrotherme, *f. s. note* **104,** 21
Milch, *f.* milk
milchartig, milky
Milchkügelchen, *n.* globule of milk
Milchsäure, *f.* lactic acid
Milieu, *n.* milieu, environment
militärisch, military
Militärstation, *f.* military station (center)
Milliarde, *f.* milliard, thousand million
Millimeter, *n.* (*m.*) millimeter
Million, *f.* million
millionenmal, a million times, millions of times
Milz, *f.* milt, spleen
Milzbrand, *m.* malignant anthrax
Min. = **Minimum**
minder, less
mindern, to lessen; **sich —,** to decrease
mindest–, least; **mindestens, zum mindesten,** at least
Mineral, *n.* mineral
Mineralbildung, *f.* mineral formation
mineralisch, mineral
mineralogisch, mineralogical
Miniaturballon, *m.* miniature balloon
Miniaturflora, *f.* flora in miniature
minimal, very small, minute
Minimalthermometer, *n.* (*m.*) minimum-thermometer
Minimum, *n.* minimum
minus, minus
Minute, *f.* minute
Miozän, *n.* Miocene
mischbar, mixable
Mischfarbe, *f.* mixed color
Mischung, *f.* mixing, mixture
Mischungstrübung, *f.* cloudiness resulting from intermixture
Mission, *f.* mission

Mißlichkeit, *f.* difficulty, mishap
Misverhältnis, *n.* incongruity, unfortunate condition
mit, with; along (with), among, also, one of
miteinander, with one another, together
Mitgeschöpf, *n.* fellow creature
mithin, accordingly, consequently
mit-machen, to take part (share) in
mit-nehmen (a, o), to take (carry) along pick up, displace
mit-spielen, to play a part, be a factor, be involved
Mittag, *m.* midday, noon
mittags, at noon, M.
Mitte, *f.* middle
mit-teilen, to communicate, impart
Mittel, *n.* means; mean, average; **im —,** on an average
Mittelasien, *n.* Central Asia
Mitteldeutschland, *n.* Central Germany
Mitteleuropa, *n.* Central Europe
mitteleuropäisch, of Central Europe
Mittelland, *n.* midland(s), inland
mittelländisch, Mediterranean
Mittelmeergebiet, *n.* Mediterranean region
Mittelmeerland, *n.* Mediterranean country
Mittelpunkt, *m.* central point, center
mittels, by means of
Mittelstellung, *f.* central (intermediate) position
Mittelstück, *n.* middle piece, central section
Mittelwert, *m.* mean value, average
mitten, in the middle, amidst
mittler–, middle, central, intermediate, mean, medium, average
mittlerweile, in the meantime
mitunter, now and then, occasionally
mm = Millimeter
modern, modern
Mofette, *f.* mofette fumarole
mögen (mochte, gemocht), may, like
möglich, possible; **—st,** as . . . as possible
möglicherweise, possibly
Möglichkeit, *f.* possibility
Molekül, *n.* molecule
molekular, molecular
Molekulargewicht, *n.* molecular weight
Molekularstruktur, *f.* molecular structure
Molekularvolumen, *n.* molecular volume
Molekülrest, *m.* remnant of a molecule, molecular fragment
Moment, *m.* moment, (essential) element *or* feature, (important) factor
momentan, momentary, instantaneous
Monat, *m.* month
monatelang, for months
Monatstemperatur, *f.* monthly temperature
Mond, *m.* moon
Mondanziehung, *f.* attraction of the moon
Mondboden, *m.* surface of the moon (*cf.* **Boden**)

Mondscheibe, *f.* disk of the moon
Mondtag, *m.* lunar day
Moor, *n.* moor, fen
Moorsteppe, *f.* moor(land)
Moos, *n.* moss
Moränenlandschaft, *f.* district dotted with moraines, morainal area
Moränenschutt, *m.* morainal detritus
Morast, *m.* morass, marsh
morphologisch, morphological
Moschusochs, *m.* musk ox
Moskauer, of Moscow, Moscovian
Mount Weather-Observatorium, *n.* Mt. Weather Observatory
Mühe, *f.* trouble, pains, effort
mühsam, toilsome, laborious
mühselig, painful, toilsome
Mulde, *f.* trough, bowl, hollow
muldenförmig, trough-shaped, bowl-like
multiplizieren, to multiply
München, *n.* Munich
münden, to empty, discharge
Mundstück, *n.* mouthpiece
Mündung, *f.* mouth, outlet
Mündungsgebiet, *n.* region about the mouth of a river, delta district
Muschel, *f.* mussel, shell, bivalve
Muschelhaufen, *m.* shell heap
Muschelkalk, *m.* shell-limestone, muschelkalk
Muschelsand, *m.* shell-sand, crag
Muschelschale, *f.* mussel-shell
Museum, *n.* museum
Musik, *f.* music
musikalisch, musical
Musikinstrument, *n.* musical instrument
Muskel, *m.* (*f.*) muscle
Muskeltätigkeit, *f.* activity of the muscles
Muskelzelle, *f.* muscle-cell
Muspelheim, *n.* Muspellsheim
müssen (mußte, gemußt), to be obliged, must
Mut, *m.* courage
mutlos, discouraged, downcast
mutmaßlich, supposed, conjectural
Mutter, *f.* mother
Mutterlauge, *f.* mother-lye, mother-liquor
mütterlich, maternal, parental
Mutterwolke, *f.* parent cloud
Mütze, *f.* cap
mykenisch, Mycenean
Mythe, *f.* myth
Mythologie, *f.* mythology
Myxomyceten, *m. pl.* Myxomycetes

N

N = Nord, nördliche Breite
nach, towards, to, after, according to, as to, in, by; — **und** —, gradually; **nach . . . zu,** towards; — **wie vor,** *s. note* **86,** 20
Nachbarschaft, *f.* neighborhood, vicinity
Nachbildung, *f.* imitation, copy
nachdem, after (*s. also* **je**)
nach-denken (dachte —, —**gedacht),** to meditate, reflect
Nachdenken, *n.* meditation, reflection
Nachdruck, *m.* emphasis, stress
nacheinander, one after the other, in succession

Nachkomme, *m.* descendant
nach-lassen (ie, a), to leave behind, slacken, diminish
nach-machen, to imitate, reproduce
nach-schaffen (u, a), to reproduce, copy
nächst, next, following, immediate (*s. also* **nahe**)
nächstbenachbart, immediately adjacent
nach-stehen (stand —, —gestanden), to be inferior
nächstliegend, lying closest, most obvious
nächstverwandt, (very) closely related
Nacht, *f.* night
nachtschwarz, black as night
Nachtwolke, *f.* nocturnal cloud (*cf. note* **215,** 6)
Nachuntersuchung, *f.* subsequent investigation
Nachweis, *m.* proof
nachweisbar, demonstrable
nach-weisen (ie, ie), to prove, demonstrate
nackt, naked, bare
Nadelblatt, *n.* needle-shaped leaf; conifer
Nadelholz, *n.* conifer
Nadirflut, *f.* nadir-tide (*cf. note* **176,** 14)
nah(e) (näher, nächst, am nächsten), near, close; **näher treten,** to approach; **Näheres,** particulars, details
Nähe, *f.* nearness, vicinity
naheliegend, lying near, close at hand, obvious, natural
nähen, to sew
näher-bringen (brachte —, —gebracht), to bring closer, make clear, present
Näheres, *s.* **nahe**
nähern; sich —, to approach
näherungsweise, approximately
nahezu, nearly, almost
Nähnadel, *f.* (sewing) needle
Nährflüssigkeit, *f.* nutrient fluid, culture-fluid
Nahrung, *f.* nourishment, food
Nahrungsballen, *m.* lump of nutritive material
Nahrungsbrei, *m.* chyme
Nahrungsmaterial, *n.* nutritive matter
Nahrungsmittel, *n.* article of food, means of subsistence
Nahrungsrest, *m.* food-remnant, scrap of food
Nahrungsstoff, *m.*, **Nahrungssubstanz,** *f.* nutritive matter, food substance
Nährwert, *m.* nutritive value
Name(n), *m.* name
namentlich, especially
nämlich, same; namely, viz.
Napf, *m.* bowl, basin
Narkose, *f.* (state of) narcosis
Nashorn, *n.* rhinoceros
naß, wet
Nationalmuseum, *n.* national museum
Natrium, *n.* sodium
Natriumdampf, *m.* sodium vapor, fumes of sodium
Natriumflamme, *f.* sodium flame
Natriumsalz, *n.* sodium salt
Natronlauge, *f.* soda-lye
Natur, *f.* nature
Naturalismus, *m.* naturalism

Naturbild, *n.* natural scenery, aspect of nature
Naturforscher, naturalist, scientific investigator
Naturforschung, *f.* physical research, scientific investigation
naturgemäß, naturally
Naturgeschichte, *f.* natural history; — **des Menschen,** anthropology
Naturkraft, *f.* force of nature, natural strength
natürlich, natural; of course
Naturmensch, *m.* man in a state of nature, primitive man
Naturprodukt, *n.* natural product, creation of nature
Naturprozeß, *m.* natural process
Naturton, *m.* simple (*musical*) tone
Naturvolk, *n.* people living in a state of nature, primitive race
Naturvorgang, *m.* occurrence in nature, natural phenomenon
naturwissenschaftlich, pertaining to natural science, physical, scientific
Naturzustand, *m.* natural state
Neanderhöhle, *f.* Neander(thal) Cavern
Neandertal, *n.* Neander Valley, Neanderthal
Neandertaler, *m.* Neanderthal man
Neandertalrasse, *f.* Neanderthal race
Neapel, *n.* Naples
Nebel, *m.* fog, mist(iness)
Nebelbildung, *f.* nebulous formation, mist, fog
Nebelkern, *m.* nebulous center (nucleus)
Nebelmasse, *f.* nebulous mass
neben, by the side of, near, beside, in addition to
Nebenbezeichnung, *f.* secondary designation, accessory term
nebeneinander, side by side
nebeneinanderliegend, lying close together
Nebental, *n.* side valley
neblig, cloudy, misty, nebulous
nebst, together with
negativ, negative
nehmen (a, o), to take, derive, carry
neigen, to bend, incline, slope, have a tendency
nein, no
nennen (nannte, genannt), to name, call, mention; **genannt,** (above) mentioned
nennenswert, worth mentioning, noticeable, appreciable
Neocom, *m.* Neocomian
neolitisch, neolithic
Neon, *n.* neon
Neptun, *m.* Neptune
Nerv, *m.* nerve
Nerventätigkeit, *f.* activity of the nerves
Netz, *n.* net, net-work
neu, new, late; **—er,** recent, modern; **aufs —e,** anew, again
Neuauftreten, *n.* first appearance, emergence
Neubesiedelung, *f.* reoccupation, recolonization
Neubildung, *f.* = **Neuschöpfung**
Neuenburger See, *m.* Lake of Neuchâtel
neuentstanden, recently arisen, newly produced
neuerdings, recently; anew

neun, nine
neunfach, ninefold
Neuschöpfung, *f.* new creation, re-creation, reconstruction
Neuseeland, *n.* New Zealand
neusibirisch, New Siberian
neutral, neutral
Neutralisation, *f.* neutralization
neutralisieren, to neutralize
Neuyork, *n.* New York
Neuzeit, *f.* modern times, (most) recent period, Caenozoic era
Newtonsch, Newtonian, Newton's
nicht, not
nichts, nothing
nie, never
nieder–, low, inferior, lower
Niederblatt, *n.* basal leaf
nieder-bringen (**brachte —, —gebracht**), to lower, sink
nieder-fallen (**ie, a**), to fall (down), be precipitated
nieder-gehen (**ging —, —gegangen**), to subside, fall
nieder-legen, to lay down, deposit
Niederschlag, *m.* precipitation, rainfall, precipitate, deposit
nieder-schlagen (**u, a**); **sich —**, to be precipitated, condense
Niederschlagsmenge, *f.* amount of precipitation
Niederschlagsmittel, *n.* average precipitation
niederschlagsreich, of high precipitation, with ample rainfall
Niederung, *f.* low ground, lowland(s)
niedrig, low
Niedrigkeit, *f.* lowness, depression
niedrigstehend, low in rank, backward, inferior
niemals, never
niemand, no one
Nifelheim, *n.* Niflheim
Niltal, *n.* valley of the Nile
Nimbus, *m.* nimbus, aureole
nimmer, never
nirgends, nowhere
Niveau, *n.* level
NO = **Nordosten**
noch, (as) yet, still; — **nicht**, not yet; — **einmal**, once more; *cf. also note* **119**, 12
nochmalig, repeated, re–, second
nochmals, again, once more
Nomenklatur, *f.* nomenclature
Nord, *m.* north
Nordamerika, *n.* North America
Nordasien, *n.* Northern Asia
Norddeutschland, *n.* Northern Germany
Norden, *m.* north
Nordeuropäer, *m.* inhabitant of Northern Europe
nordeuropäisch, of Northern Europe
nordfriesisch, North Friesian
Nordgrönland, *n.* Northern Greenland
Nordharz, *m.* Northern Hartz (Mts.)
Nordindien, *n.* Northern India
nordisch, northern, arctic, (Old) Norse, Scandinavian
nördlich, northerly, north(ern)
Nordlicht, *n.* northern lights, aurora borealis
Nordlichtlinie, *f.* aurora borealis line (*in the spectrum*)
Nordost(en), *m.* northeast
Nordpol, *m.* north pole
Nordpolarfahrt, *f.* arctic expedition

Nordrussland, *n.* Northern Russia
Nordspanien, *n.* Northern Spain
Nordwesten, *m.* northwest
Nordwestgrönland, *n.* Northwestern Greenland
Nordwestküste, *f.* northwestern coast
nordwestlich, northwestern
Norm, *f.* norm, standard, rule
normal, normal
Normalhochwasser, *n.* normal high tide
Norwegen, *n.* Norway
Norweger, *m.* Norwegian
Not, *f.* need, necessity, trouble
notdürftig, needy, scanty
Notfall, *m.* case of necessity
notieren, to note
nötig, necessary
nötigen, to force, constrain
notwendig, necessary
Notwendigkeit, *f.* necessity; **mit —,** inevitably
Nov. = **November,** *m.* November
Null, *f.* zero
Nullpunkt, *m.* zero
numerisch, numerical
nun, now
nunmehr, now, by this time, finally
nur, only, just
Nuß, *f.* nut
Nutation, *f.* nutation
Nutzpflanze, *f.* useful plant
Nutztemperatur, *f.* available warmth
NW = **Nordwesten**

O

ob, whether, if; **ob . . . gleich** = **obgleich**
Obdach, *n.* shelter
oben, above, (at) the top, on high; **nach —,** upward
obendrein, over and above, furthermore
obengenannt, above mentioned
ober, upper, superior
Oberfläche, *f.* surface
Oberflächenvergrößerung, *f.* enlargement of (the) surface, surface extension
oberflächlich, superficial, surface
oberhalb, above
Oberösterreich, *n.* Upper Austria
Oberschenkel, *m.* thigh(-bone), femur
Oberschenkelfund, *m.* discovery of thigh-bones
Oberschlesien, *n.* Upper Silesia
oberschlesisch, Upper Silesian
oberst, uppermost, highest, topmost
Oberton, *m.* overtone, higher tone (*above middle C*)
obgleich, although
obig, foregoing, above mentioned
Objekt, *n.* object
Objekttisch, *m. s.* **heizbar**
Observatorium, *n.* observatory
Obst, *n.* fruit
obwohl, although
Ocean, *m.* ocean
Ocker, *m.* ocher
oder, or
Odergebiet, *n.* region (basin) of the river Oder
offen, open, exposed
offenbar, manifest, evident
offenbaren, to reveal, manifest
offenkundig, manifest, obvious
öffnen, to open

Öffnung, *f.* opening, aperture
oft, often
öfters, oftmals, often, frequently
ohne, without
Ohr, *n.* ear
Oktave, *f.* octave
Oktavengesetz, *n.* Law of Octaves
Oktober, *m.* October
Öl, *n.* oil
Ölbaum, *m.* olive tree
Oleander, *m.* Oleander
Oligozän, *n.* Oligocene
Olivenernte, *f.* olive harvest (crop)
Olivenöl, *n.* olive-oil
Olivin, *m.* olivine
Ölschicht, *f.* layer (film) of oil
ontologisch, ontological
Optik, *f.* optics
optisch, optical
Orang, *m.* orang-outang
Orchidee, *f.* orchid
ordnen, to arrange
Ordnung, *f.* order, arrangement
Oreophyt, *n.* mountain plant, orophyte
Organ, *n.* organ
Organisation, *f.* organization
Organisator, *m.* organizer
organisch, organic
organisieren, organize
Organismenreich, *n.* organic kingdom
Organismenwelt, *f.* organic world, complex (association) of organisms
Organismus, *m.* organism
Orkan, *m.* hurricane
orkanartig, hurricane-like, violent
Ornament, *n.* ornament
Ornamentik, *f.* ornamentation
Ort, *m.* place, spot
Orthoklas, *m.* orthoclase
örtlich, local
Örtlichkeit, *f.* locality
Ost, *m.* east
Ostasien, *n.* Eastern Asia
ostbaltisch, East Baltic
Osten, *m.* east
Österreich, *n.* Austria
Ostgrönland, *n.* Eastern Greenland
Ostindien, *n.* (East) India
Ostpreussen, *n.* East Prussia
Ostsee, *f.* Baltic Sea
Ostsibirien, *n.* Eastern Siberia
Oszillation, *f.* oscillation
Oued, *n.* wadi (*cf. note* **113,** 17)
oval, oval
Oval, *n.* oval
Oxyd, *n.* oxide
Oxydation, *f.* oxidation
oxydativ, oxidative, oxidational
oxydierbar, oxidizable
oxydieren, to oxidize
Oxygenium, *n.* oxygen
Ozean, *m.* ocean
Ozeandampfer, *m.* ocean steamer
ozeanisch, oceanic
Ozeantiefe, *f.* depth of the ocean, oceanic deep
Ozean-Welle, *f.* ocean wave
Ozeanwoge, *f.* ocean wave, billow
Ozon, *n.* ozone
Ozondampf, *m.* vapor of ozone, ozone (gas)
ozonisieren, to ozonize

P

Paar, *n.* pair, couple; **ein paar,** a couple of, a few
paarweise, in pairs, by twos
paläolithisch, paleolithic

Paläontologie, *f.* paleontology
paläontologisch, paleontological
paläozoisch, Paleozoic
Palme, *f.* palm
Palstab, *m.* palstaff
Papier, *n.* paper
Papierballon, *m.* paper balloon
papierdünn, thin as paper
Pappdeckelscheibe, *f.* disk of pasteboard
Paradies, *n.* paradise
parallel, parallel
par excellence, *s. note* **32,** 27
Partei, *f.* part, party, side
Patialdruck, *m.* partial pressure
Partikel, *f.* particle
Partikelchen, *n.* minute particle
Passatwind, *m.* trade-wind
passend, suitable
passieren, to pass, cross; **Passieren,** passage
passiv, passive
Pause, *f.* pause
Pazifik, *m.* Pacific (Ocean)
Pechblende, *f.* pitch-blende
Pendel-Beobachtung, *f.* pendulum observation
Pendelmessung, *f.* measurement with the pendulum
Penumbra, *f.* penumbra
Pepsin, *n.* pepsin
Periode, *f.* period, periodicity
periodisch, periodical
Perle, *f.* pearl, bead
permanent, permanent
permisch, Permian
Perser, *m.* Persian
Persien, *n.* Persia
persönlich, personal
Persönlichkeit, *f.* personality, person(age)
Pfahl, *m.* stake, pile, post
Pfahlbauten, *f. pl.* lake-dwellings
Pfahlhütte, *f.* hut built on posts *or* piles, palafitte
Pfeife, *f.* pipe, whistle
Pfeil, *m.* arrow
Pfeilspitze, *f.* arrow-head
Pferd, *n.* horse
Pferdekraft, *f.* horse-power
Pferdezeit, *f.* era of which the horse is the characteristic mammal, horse age
Pflänzchen, *n.* plantlet
Pflanze, *f.* plant
Pflanzenabdruck, *m.* print of a (*fossil*) plant, dendrolite
Pflanzenanatomie, *f.* anatomy of plants, phytotomy
Pflanzenarten, *f. pl.* botanical species, varieties of plants
Pflanzenbestand, *m.* stock of plants, vegetable growth
Pflanzendecke, *f.* covering (carpet) of vegetation
Pflanzenfarbstoff, *m.* vegetable pigment (dye)
Pflanzenfaser, *f.* vegetable fiber
Pflanzengeograph, *m.* geographical botanist, phytogeographer
Pflanzengeographie, *f.* geographical botany, phytogeography
pflanzengeographisch, phytogeographical
pflanzengeographisch - physiologisch, based on the geographical distribution and the physiology of plants, phytogeographical-physiological
Pflanzengestalt, *f.* shape of a plant, plant form
Pflanzengruppe, *f.* botanical group

Pflanzenindividuum, *n.* botanical individual, individual plant
Pflanzenkleid, *n.* = **Pflanzendecke**
Pflanzenkörper, *m.* plant corpus, (main) body of a plant
Pflanzenleben, *n.* plant (vegetable) life
pflanzenphysiologisch, relating to plant physiology, phytophysiological
Pflanzenreich, *n.* vegetable kingdom
Pflanzensame(n), *m.* seed of a plant
Pflanzenschleim, *m.* vegetable slime
Pflanzenstock, *m.* caudex, stalk, plant(-stock)
Pflanzenteil, *m.* part of a plant
Pflanzenwelt, *f.* vegetable world (kingdom)
Pflanzenzelle, *f.* plant (vegetable) cell
pflanzlich, vegetable
pflastern, to pave, flag
Pflasterung, *f.* pavement
pflegen, to foster, cultivate; be accustomed, be wont
Pfriemen, *m.* awl, auger
Pfund, *n.* pound
Phagocyt, *n.* phagocyte
Phagocytose, *f.* phagocytosis
Phanerogame, *f.* phanerogam, flowering plant
Phanerogamenflora, *f.* phanerogamic flora
Phänomen, *n.* phenomenon
philosophisch, philosophical
Phöniker, *m.*, **Phönizier,** *m.* Phoenician
Phonolit, *m.* phonolite, clink-stone
Phosphor, *m.* phosphorus
Phosphorsäure, *f.* phosphoric acid
Phosphorsäureanhydrid, *n.* phosphoric anhydride
Photographie, *f.* photography, photograph
photographieren, to photograph
photographisch, photographic
Photosphäre, *f.* photosphere
Physik, *f.* physics
physikalisch, physical
Physikalisch-Technisch, of Physics and Technology
Physiker, *m.* physicist
Physiognomik, *f.* physiognomy, face
Physiolog(e), *m.* physiologist
Physiologie, *f.* physiology
physiologisch, physiological
Phytogenesis, *f.* phytogenesis
phytogeographisch, relating to geographical botany, phytogeographical
Pic, *m.* peak
Pietät, *f.* piety, reverence
Pilz, *m.* fungus, mushroom
Pinscher, *m.* terrier
Pionierwald, *m.* forest advancing into new territory, pioneer forest
Planet, *m.* planet
Planetenbewegung, *f.* planetary motion
Planetensystem, *n.* planetary system
Plasmaart, *f.* species of protoplasm
Plasmamicelle, *f.* protoplasmic micella
Plateausch, Plateau's
Platin, *n.* platinum

Platinblech, *n.* platinum foil
Plättchen, *n.* little plate, sheet
Platte, *f.* plate, sheet, lamina
Plattform, *f.* platform
Platz, *m.* place, spot, room
platzen, to burst, explode
Plinius, *m.* Pliny
Pliozän, *n.* Pliocene
plötzlich, sudden
plump, clumsy, awkward, heavy
plus, plus
plutonisch, plutonic
Pol, *m.* pole
polar, polar, arctic, toward the poles
Polarflora, *f.* arctic flora
Polarforscher, *m.* arctic explorer
Polarisationsebene, *f.* plane of polarization
Polarlicht, *n.* northern lights, aurora borealis
Polarpflanze, *f.* arctic plant
Polarsommer, *m.* arctic summer
polieren, to polish
Polonium, *n.* polonium
Polster, *n.* cushion, pillow, bed
Polsterpflanzen, *f. pl.* "cushion plants" (*plants of a low, dense growth*)
Polverschiebung, *f.* shifting of the pole(s), polar displacement
polwärts, towards the pole(s)
populär, popular
Pore, *f.* pore
porös, porous
posaunenartig, trumpet-like
positiv, positive, specific
Postulat, *n.* postulate
postulieren, to postulate
potentiell, potential
Potenz, *f.* power (*in math.*)
präcambrisch, pre - Cambrian, Lower Cambrian
prachtvoll, splendid, brilliant
prägen, to stamp, coin
präglazial, pre-glacial
Prähistoriker, *m.* student of prehistoric life and times, prehistorian
prähistorisch, prehistoric
praktisch, practical, empirical
Präparat, *n.* preparation, (microscopic) slide
präparieren, to prepare, treat
Prärie, *f.* prairie
Praxis, *f.* practise, empirical investigation, experiment
Präzession, *f.* precession
Präzisierung, *f.* formulation, (careful) statement
preisgekrönt, awarded a prize
Preußisch, Prussian
Primaten, *m. pl.* Primates
primitiv, primitive
Prinzip, *n.* principle
prinzipiell, on principle, fundamental, regular
Prisma, *n.* prism
pro, pro, per, for
Probestückchen, *n.* trial-piece, specimen
Problem, *n.* problem
Produkt, *n.* product, production
produktiv, productive
Professor, *m.* professor
Profil, *n.* profile (*cf. note* **182,** 9)
progressiv, progressive
projezieren, to project
proportional, proportional
Proteinkörper, *m.*, **Proteinsubstanz,** *f.* proteinous body (substance), proteid, albuminoid

Protoplasma, *n.* protoplasm
Protoplasmafädchen, *n.* thread (strand) of protoplasm
Protoplasmaklümpchen, *n.* lump (particle) of protoplasm
Protoplasmakörper, *m.* protoplasmic body (mass), protoplasm
Protoplasmamasse, *f.* mass of protoplasm
Protoplasmastrang, *m.* strand of protoplasm
Protoplasmatheorie, *f.* protoplasmic theory
protoplasmatisch, protoplasm(at)ic
Protozoon, *n.* protozoon
Protuberanz, *f.* protuberance
Protuberanzenmaterie, *f.* matter of which the (solar) protuberances are composed, protuberance material
Provinz, *f.* province
Proz. = Prozent, *n.* per cent, percentage
Prozentsatz, *m.* percentage
Prozeß, *m.* process
Pseudopodien, *n. pl.* pseudopods
psychisch, psychic(al)
Publikum, *n.* public
Punkt, *m.* point
punktieren, to dot, point, stipple
Punktornamentik, *f.* dotted ornamentation
Punktstreifen, *m.* dotted stripe (band)
Pygmäe, *m.* pygmy
Pygmäenrasse, *f.* race of pygmies
Pyramide, *f.* pyramid
Pyrenäen, *pl.* Pyrenees (Mts.)
Pyrosphäre, *f.* pyrosphere

Q

qm = Quadratmeter
Quadrat, *n.* square
Quadratmeter, *n.* (*m.*) square meter
Quadratmillimeter, *n.* (*m.*) square millimeter
Quadratzentimeter, *n.* (*m.*) square centimeter
Quantität, *f.* quantity
quantitativ, quantitative
Quantum, *n.* quantity, quantum
Quartär, *n.* Quaternary
Quartärformation, *f.* quaternary formation (system)
Quar(t)z, *m.* quartz
Quarzgeröll(e), *n.* quartz cobble(stone)
Quarzit, *m.* quartzite
Quarzsand, *m.* quartziferous sand
Quecksilber, *n.* quicksilver, mercury
Quecksilberatom, *n.* atom of mercury
Quecksilbersäule, *f.* column of mercury
Quelle, *f.* source, spring
quer, transverse, athwart
Querscheidewand, *f.* transverse partition, septum
Querschnitt, *m.* cross-section
Quirl, *m.* twirling-stick, drill

R

radioaktiv, radioactive
Radioaktivität, *f.* radioactivity
Radiothor, *n.* radiothorium
Radiowismut, *n.* radiobismuth

Radium, *n.* radium
Radiumatom, *n.* atom of radium
Radiumemanation, *f.* radium emanation
Radiumpräparat, *n.* radium preparation
Radiumstrahl, *m.* radium-ray
Radiumstrahlung, *f.* radiation of radium
Radiumzerfall, *m.* decomposition of radium
Rand, *m.* edge, border
Randgebiet, *n.* border region
Rang, *m.* rank, position
rapid, rapid
rasch, quick, swift, rapid
rasen, to rage, rave; **—d,** furious, mad
Rasen, *m.* turf, sod, sward
Rasensode, *f.* sod, turf
Rasse, *f.* race
Rassen- und Gesellschafts-Biologie, *f.* biology of races and social groups
Rätsel, *n.* riddle, enigma
rätselhaft, enigmatical, puzzling, unexplained
Rauch, *m.* smoke
Rauchsäule, *f.* column of smoke
rauh, rough, rude
Raum, *m.* room, space, area
Raumeinheit, *f.* unit of space, (distinct) area
Rauminhalt, *m.* cubic content(s), volume
räumlich, spacial, in space
Reagenzglas, *n.* test glass (tube)
reagieren, to react
Reaktion, *f.* reaction
reaktiv, reactive, reactionary
Realität, *f.* reality
rechnen, to reckon, calculate, count
Rechnung, *f.* calculation
recht, right; very
Recht, *n.* right, justice; **mit —,** rightly, properly; **— geben,** to confirm
Rechteck, *n.* rectangle
rechteckig, rectangular
rechts, (to *or* on) the right
Recke, *m.* warrior, hero
reden, to speak, talk
Reduktion, *f.* reduction
reduzieren, to reduce
reflektieren, to reflect
Reflexion, *f.* reflection
Reform, *f.* reform
Refraktion, *f.* refraction
Refugium, *n.* refuge, asylum
rege, stirring, moving, animated, lively
Regel, *f.* rule; **in der —,** as a rule
regelmäßig, regular
Regelmäßigkeit, *f.* regularity
regeln, to regulate, govern
Regen, *m.* rain
regenarm, with little rain, semi-arid
Regenarmut, *f.* lack of rain, scanty precipitation
Regenguß, *m.* shower, downpour
regenlos, rainless
Regenlosigkeit, *f.* absence of rain
Regenmenge, *f.* amount of rain, rainfall
Regenschauer, *m.* shower
Regenwasser, *n.* rain-water
Regenzeit, *f.* rainy season
Region, *f.* region

Registrierballon, *m.* balloon used in obtaining meteorological records, recording balloon
Registrierballonaufstieg, *m.* ascent of a recording balloon
registrieren, to register, record
Registrierinstrument, *n.* recording instrument
Registriertrommel, *f.* recording drum (cylinder)
Registrierung, *f.* registration, record
Regression, *f.* regression
regressiv, regressive, retrograde
regulieren, to regulate
reiben (ie, ie), to rub, produce friction
Reibung, *f.* rubbing, friction
reich, rich, copious, abundant
Reich, *n.* empire, kingdom, realm
reichen, to reach, extend, be sufficient
reichhaltig, rich, abundant, copious
reichlich, abundant, profuse; fully, in great amount
Reichsanstalt, *f.* Imperial Institute
Reichstag, *m.* Imperial Diet, Reichstag
Reichtum, *m.* wealth, abundance
reifen, to ripen, mature
Reihe, *f.* row, series, list, number, host
reihen, to place in a row, arrange; **sich —,** form a row (series), fall into line
Reihenfolge, *f.* sequence, series, arrangement
rein, clean, pure; strictly
Reinasche, *f.* net *or* total amount of ash (*after combustion*)
reinigen, to purify, cleanse
Reise, *f.* journey, trip
Reisender, *m.* traveller
Reisighütte, *f.* hut made of brush, brushwood hut
reißen (i, i), to tear
Reiz, *m.* irritation
reizbar, sensitive, irritable
Reizbarkeit, *f.* irritability, sensitivity
Reizerscheinung, *f.* phenomenon of irritability
relativ, relative
Relief, *n.* relief, configuration
Renntier, *n.* reindeer
Renntierjäger, *m.* hunter of reindeer
Renntierperiode, *f.*, **Renntierzeit,** *f.* reindeer era (*cf.* **Pferdezeit**)
repräsentieren, to represent
Reproduktion, *f.* reproduction
reproduktiv, reproductive
reproduzieren, to reproduce
Rest, *m.* rest, remainder; *pl.* remains
Resultat, *n.* result
resultieren, to result
Retina, *f.* retina
retten, to save, preserve; **sich —,** to take refuge
Revolution, *f.* revolution
rezent, recent, modern
Rheintal, *n.* valley of the Rhine
Rhinozeros, *n.* rhinoceros
Rhizom, *n.* rhizome
Rhizopoden, *n. pl.* rhizopods
Rhön, *f.* Rhön Mts.
richten, to direct, arrange, regulate; **sich aufwärts —,** to assume an upright position

richtig, correct, genuine, right, proper
Richtigkeit, *f.* correctness
Richtlinie, *f.* guide(-line), outline
Richtung, *f.* direction, line
Riese, *m.* giant
Riesengebirge, *n.* Riesen Mts.
riesengroß, gigantic
riesenhoch, of gigantic height, lofty
Riesenmolekül, *n.* giant molecule
Riesenschritt, *m.* gigantic stride
Riesenstrom, *m.* gigantic stream, great river
riesig, gigantic, immense
Rind, *n.* ox, cow; *pl.* cattle, beeves
Rinde, *f.* rind, bark, crust, coat(ing)
Rindenkleid, *n.* mantle (*of bark, rock, etc.*), enveloping crust
Ring, *m.* ring, circle
ringen (a, u), to wring, struggle; **sich** (*dat.*) **Bahn —,** to make one's way, win recognition
ringförmig, ring-shaped, in a circle
rings, around, round about (**um**)
Rinne, *f.* groove, channel, hollow
Riß, *m.* rent, crack
Rock, *m.* coat, skirt
roh, raw, rough, crude, rude
Rohr, *n.* tube, reed, cylinder
Röhre, *f.* pipe, tube
Rolle, *f.* rôle, part
rollen, to roll
Rom, *n.* Rome
Römer, *m.* Roman
römisch, Roman
Röntgenstrahl, *m.* Röntgen ray
Rost, *m.* rust
rostig, rusty
rot, red
Rotation, *f.* rotation
Rotationsdauer, *f.* period of rotation
Rotationsellipsoid, *n.* ellipsoid of rotation
röten, to redden, turn . . . red
rotieren, to rotate
Rotierung, *f.* rotating, rotation
rötlichbraun, reddish brown
Rotliegendes, *n.* Lower New Red Sandstone, Rothliegende
Rückbildung, *f.* recession, retreat
Rückblick, *m.* retrospect, respect
Rückfalltyphus, *m. typhus recurrens*
Rückgang, *m.* retreat, recession, deterioration
Rückgangsperiode, *f.* period of retrogression
Rückschluß, *m.* conclusion (*a posteriori*), inference
Rücksicht, *f.* consideration, respect, regard
Rückzug, *m.* retreat, recession, withdrawal
Rückzugserscheinung, *f.* phenomenon of withdrawal
Rückzugslinie, *f.* line of retreat
Rudel, *n.* troop, herd
Ruderboot, *n.* rowboat
rudimentär, rudimentary
Ruf, *m.* call, fame, reputation
Ruhe, *f.* (state of) rest, quiet
Ruhelage, *f.* position of rest
ruhen, to rest, come to (be at) rest, be dormant
Ruhezeit, *f.* time of rest, period of inaction
ruhig, quiet, calm
rund, round; in round numbers, approximately

runden, to round off
rund-fragen, to inquire all around (of every one)
Rundhöckerlandschaft, *f.* district dotted with hummocks, knolly area
Rundhütte, *f.* circular (conical) hut
Russe, *m.* Russian
russisch, Russian
Russland, *n.* Russia
rutenförmig, rod-shaped, virgulate, withy
Rutengewächs, *n.*, **Rutenpflanze,** *f. s. note* **110,** 15

S

S. = Seite
Saatkorn, *n.* seed(-grain)
Sache, *f.* thing, object, affair
Sachlage, *f.* state of affairs, circumstances
Sachverhalt, *m.* state of affairs, facts (involved)
Sack, *m.* sack, bag
Saft, *m.* sap, juice
saftig, juicy, succulent
Saftpflanze, *f.* succulent (fleshy) plant
Safttrieb, *m.* ascent (circulation) of sap
Sage, *f.* story, legend
sagen, to say, tell
sagenhaft, legendary, mythical
Sahara, *f.* Sahara Desert
saharisch, Saharan, Saharic
Saite, *f.* string, chord
säkular, secular, eonic
Salomo, *m.* Solomon
Salpetersäure, *f.* nitric acid
Salz, *n.* salt
salzen (salzte, gesalzen), to (impregnate with) salt
Salzgehalt, *m.* percentage of salt, saltness, salinity
salzig, salty, salt
Salzkristall, *m.* salt-crystal
Salzwasser, *n.* salt water, seawater
Same(n), *m.* seed
Samenhülle, *f.* seed-case, capsule, episperm
Samenreife, *f.* ripening of seed, seed-maturation
Samenruhe, *f.* quiescent state of seed, seed-dormancy
Samenstadium, *n.* embryonic stage (state); **im —,** as a seed
Samentransport, *m.* transportation (conveyance) of seed
Sämerei, *f.* seeds, grains
sammeln, to collect, gather
sämtlich, all (together), entire, total, complete
Samum, *m.* simoom
Sand, *m.* sand
Sandablagerung, *f.* deposit of sand
Sandstein, *m.* sandstone
Sandsteinablagerung, *f.* deposit (bed) of sandstone
Sandwüste, *f.* sandy desert
sanft, gentle, mild
Sarkode, *f.* sarcode
Sattel, *m.* saddle, ridge
Satz, *m.* sentence, statement, proposition, principle
sauer, sour, acid
Sauerstoff, *m.* oxygen
Sauerstoffabscheidung, *f.* elimination (exhalation) of oxygen

Sauerstoffarmut, *f.* paucity (lack) of oxygen
Sauerstoffatmung, *f.* breathing (inhalation) of oxygen
Sauerstoffatom, *n.* atom of oxygen
Sauerstoffaufnahme, *f.* appropriation of oxygen
Sauerstoffbedürfnis, *n.* need of (demand for) oxygen
sauerstofffrei, destitute of oxygen, non-oxygenous
Sauerstoffgas, *n.* oxygen gas
Sauerstoffgehalt, *m.* oxygen-content, percentage of oxygen
Sauerstoffmangel, *m.* deficiency (lack) of oxygen
sauerstoffreich, rich in oxygen
Sauerstoffverbrauch, *m.* consumption of oxygen
Säugetier, *n.* mammal
Säule, *f.* column
Säulenform, *f.* columnar form
Saum, *m.* seam, border, edge, fringe
Säure, *f.* acid
Savanne, *f.* savanna, prairie
Schabeinstrument, *n.* scraper
Schaber, *m.* scraper
Schacht, *m.* shaft, pit, tunnel, excavation
Schädel, *m.* skull
Schädeldach, *n.* cranium
Schädelkapazität, *f.* cranial capacity
Schaden, *m.* damage, injury
schädlich, injurious, harmful
Schaf, *n.* sheep
schaffen (u, a), to create
Schaffung, *f.* creation, production
Schaft, *m.* shaft
Schakal, *m.* jackal
Schale, *f.* shell, cup, bowl, basin
Schall, *m.* sound
Schallbewegung, *f.* movement of sound(-waves), sound-transmission
Schallhorn, *n.* trumpet
Schar, *f.* troop, band, company
scharf, sharp, keen, accurate, clear
Schatten, *m.* shadow, shade
Schattentemperatur, *f.* temperature in the shade
Schattenwurf, *m.* (projection of a) shadow, umbra
schätzen, to value, estimate, esteem
Schätzung, *f.* evaluation, estimate
Schauplatz, *m.* scene (of action), stage
scheiden (ie, ie), to separate, divide
scheinbar, apparent
scheinen (ie, ie), to shine, seem
Scheinfüßchen, *n.* pseudopodium
Schelf, *m.* shelf
Schema, *n.* scheme, model, diagram
schematisch, schematic, diagrammatic
Schicht, *f.* layer, stratum, bed, sheet, film
Schichtenstoß, *m.* series of strata, superimposed strata
Schichtgrenze, *f.* boundary plane (between two strata)
Schichtung, *f.* stratification
Schichtwolke, *f.* stratified cloud
schief, slanting, oblique, inclined
Schiefe, *f.* obliquity
Schiefer, *m.* slate, shale, schist

Schieferschicht, *f.* stratum of slate, shale-bed
Schiff, *n.* ship
Schiffsrumpf, *m.* hull (of a ship)
schildern, to delineate, depict, describe
Schilderung, *f.* delineation, description
Schimpanse, *m.* chimpanzee
Schirm, *m.* screen
schirmartig, screen-like, like a visor
Schlafraum, *m.* sleeping-apartment, bed-room
Schlag, *m.* stroke, blow; kind, sort, race, breed
schlagen (u, a), to strike, beat
Schlamm, *m.* mud, mire
Schlammbildung, *f.* mud formation, mud-bank, alluvial deposit
Schlammstrom, *m.* stream of mud, muddy torrent
Schlauch, *m.* hose, tube
schlecht, bad, poor, difficult
schlechterdings, by all means, absolutely, positively
Schleiden-Schwannsch, Schleiden and Schwann's
Schleier, *m.* veil
schleifen (i, i), to grind, polish
Schleim, *m.* slime, mucus
schleimig, slimy, mucous
schleudern, to sling, hurl
Schleuderthermometer, *n.* sling-thermometer (*cf. note* **102,** 1)
schließen (o, o), to close, conclude, deduce; — **auf,** infer; **(in sich) geschlossen,** continuous, without a break
schließlich, final
schlingen (a, u), to wind, (en-) twine, wrap
Schlittenspur, *f.* sled-track
Schlucht, *f.* ravine, canyon, chasm
Schlund, *m.* throat, gorge, chasm
Schluß, *m.* end, conclusion, inference
Schlüssel, *m.* key
Schlußfolgerung, *f.* chain of reasoning, conclusion, deduction
Schlußsatz, *m.* conclusion, final statement
schmal, narrow
schmecken, to taste
schmelzen (o, o), to melt, fuse; **geschmolzen,** molten
Schmelzfluß, *m.* molten stream, lava-flow
Schmelzofen, *m.* smelting-furnace
Schmerzgefühl, *n.* painful sensation
Schmetterling, *m.* butterfly
Schmied, *m.* smith, blacksmith
Schmiedekunst, *f.* smithcraft
schmieden, to forge
Schmuck, *m.* ornament, adornment, finery
schmücken, to adorn
Schmuckgegenstand, *m.* ornament
Schmuckmaterial, *n.*, **Schmuckmetall,** *n.* material (metal) used for adornment *or* in ornament-making
Schmucksache, *f.* ornament, trinket
Schneckenschale, *f.* snail-shell
Schnee, *m.* snow
Schneefläche, *f.* sheet (field) of snow
Schneeflocke, *f.* snowflake
schneefrei, free from snow
Schneefresser, *m.* consumer of snow, snow-eater

Schneegestöber, *n.* flurry of snow, snow-storm
Schneekristall, *m.* snow crystal
Schneemasse, *f.* mass of snow
Schneeschutz, *m.* protection afforded by snow
Schneezeit, *f.* snow (glacial) age
schneiden (**i, i**), to cut, intersect
schnell, quick, rapid
Schnelligkeit, *f.* speed, rapidity
schnitzen, to carve
Schnitzerei, *f.* carving
Schnur, *f.* string, cord
Schnurornament, *n.*, **Schnurverzierung,** *f.* corded ornamentation
schon, already, even, immediately (*cf. note* **94**, 13)
schön, beautiful; well
schöpfen, to draw (up), gather, derive
schöpferisch, creative, productive
Schöpfung, *f.* creation
Schottland, *n.* Scotland
schräg, oblique, slanting
Schranke, *f.* barrier, limit
schraubenförmig, spiral
schreiben (**ie, ie**), to write, record
schreiten (**i, i**), to step, stride, proceed
Schrift, *f.* writing, book, publication
Schritt, *m.* stride, step, pace
schrittweise, step by step
Schrumpfung, *f.* shrinking, contraction
Schrumpfungsprozess, *m.* process of shrinking, contraction
Schüler, *m.* scholar, pupil
Schulterblatt, *n.* shoulder-blade
Schuppenblatt, *n.* scale-like leaf
Schüssel, *f.* dish, basin
Schutt, *m.* rubbish, detritus
Schuttdecke, *f.* sheet of detritus
schütteln, to shake, agitate
schütten, to pour; — **zu,** add (by pouring)
Schuttmasse, *f.* mass of detritus
Schutz, *m.* protection
Schutzeinrichtung, *f.* protective device
schützen, to protect
Schutzmittel, *n.* means of protection, protective device
Schutztruppe, *f.* company of defenders, protective band
Schutzwaffe, *f.* defensive weapon
Schwaben, *n.* Swabia
schwach, weak, faint, slight
Schwächung, *f.* weakening, diminution, reduction
Schwamm, *m.* sponge (*also* = **Zündschwamm**)
schwanken, to be unsteady, vary, fluctuate
Schwankung, *f.* variation, fluctuation, irregularity, shifting
Schwannsch, Schwann's
Schwarm, *m.* swarm, cluster, bundle
Schwarmspore, *f.* swarm-cell, zoospore
schwarz, black
Schwarzwald, *m.* Black Forest
Schwebe, *f.* state of suspension, balance, poise
schweben, to be suspended, float, hover
Schweden, *n.* Sweden
schwedisch, Swedish
Schwefel, *m.* sulphur
Schwefelatom, *n.* atom of sulphur

Schwefeldampf, *m.* sulphurous vapor
Schwefeleisen, *n.* iron sulphide, (iron) pyrites
Schwefelsäure, *f.* sulphuric acid
schweflig, sulphurous
Schwefligsäureanhydrid, *n.* sulphuric anhydride
Schwein, *n.* hog, pig
Schweiz, *f.*; **die —,** Switzerland
Schweizer (*adj.*), Swiss
schweizerisch, Swiss
Schwelle, *f.* threshold, sill
schwer, heavy, difficult; with difficulty; **— fallen,** to be difficult
Schwere, *f.* weight, gravity
Schwerkraft, *f.* force of gravity, gravitation
Schwerspat, *m.* barite, barium sulphate
schwerwiegend, weighty
schwierig, difficult
Schwierigkeit, *f.* difficulty
Schwimmblase, *f.* air-bladder, air-cell
schwimmen (a, o), to swim, float
Schwimmgewebe, *n.* tissue to promote buoyancy, float-structure
Schwimmorgan, *n.* organ to promote buoyancy, float
Schwimmvogel, *m.* aquatic bird, water-fowl
schwinden (a, u), to vanish, disappear
schwingen (a, u), to swing, vibrate; **—d,** vibratory, oscillating
Schwingen, *n.*, **Schwingung,** *f.* vibration, oscillation
Schwingungsdauer, *f.* duration (time) of oscillation
Schwingungszahl, *f.* frequency of vibration, index of oscillation
Scirocco, *m.* sirocco
sechs, six
sechsfach, sixfold, sextuple
sechzig, sixty
Sechzigstel, *n.* sixtieth
Sediment, *n.* sediment
Sedimentbildung, *f.* sedimentary formation
See, *m.* lake; *f.* sea
Seemeile, *f.* nautical mile
Seeschiff, *n.* sea-going vessel, ship
Seetang, *m.* wrack, sea-weed, *Fucus*
Seewarte, *f.* naval observatory
Seewasser, *n.* sea-water
Seewind, *m.* sea-breeze, wind from the sea
Seezone, *f.* lake region
sehen (a, e), to see
sehr, very, much, greatly
seicht, shallow
Seide, *f.* silk
Seife, *f.* soap
Seifenblase, *f.* soap-bubble
Seifenhaut, *f.* film of soapy water, soap-film
Seifenlamelle, *f.* soap-lamella, soap-film
Seifenlösung, *f.* soap-solution
Seifenwasser, *n.* soap-suds, soap-solution
sein, his, its
sein (war, gewesen), to be
seit, since, from, for
seitdem, since then, since
Seite, *f.* side, direction, page, party; **von —n,** on the part of

Seitenast, *m.* side (lateral) branch
seither, since then, subsequently
seitlich, lateral, to the side
seitwärts, sideways, to one side
sekundär, secondary
Sekunde, *f.* second
selber, self, (my)self, *etc.*
selbst, self, himself, itself, *etc.*; even; **von —,** of oneself (themselves, *etc.*), automatically
selbständig, independent
selbstleuchtend, self-luminous
selbstregistrierend, automatically recording
selbstverständlich, self-evident, plain; of course
Selbstzersetzung, *f.* automatic disintegration, auto-dissolution
selten, seldom, rare
Seltenheit, *f.* rarity
seltsam, odd, strange
sengen, to singe, scorch
senken, to lower
senkrecht, vertical, perpendicular
Senkung, *f.* sinking, subsidence, depression
Senne, *m.* Alpine herdsman
Senon, *m.* Senonian
September, *m.* September
seßhaft, settled, having a fixed abode
setzen, to set, place, put
Seyschellen-Nuß, *f.* Seychelles cocoanut (*cf. note* **115,** 15)
S-förmig, S-shaped
Sibirien, *n.* Siberia
sibirisch, Siberian
sich, self, itself, *etc.*, each other
sicher, sure, certain, safe, trustworthy
Sicherheit, *f.* safety, security, certainty
sicherlich, surely, assuredly
sichern, to make certain, assure, establish
sichtbar, visible
Sichtbarkeit, *f.* visibility
sie, she, it, they
Sie, you
sieben, to sift, screen
sieben, seven
Siebengebirge, *n.* Seven Mts., Siebengebirge
sieden (sott, gesotten), to seethe, boil
Siedep. = Siedepunkt, *m.* boiling-point
Sieger, *m.* victor
Siegeszug, *m.* triumphal march
siegreich, victorious, successful
silurisch, Silurian
silvester, sylvestral
sinken (a, u), to sink, drop
Sinken, *n.* sinking, drop
Sinn, *m.* sense, mind, meaning, intent, drift, bent, direction
Sinnesorgan, *n.* sense organ
Sinneszelle, *f.* sensory cell
Sirocco, *m.* = **Scirocco**
sitzen (saß, gesessen), to sit, be situated
Skandinavien, *n.* Scandinavia
Skandium, *n.* scandium
Skelett, *n.* skeleton
Skelettbildung, *f.* skeletal structure
Skeletteil, *m.* part of a skeleton, skeletal fragment
Skelettgrab, *n.* grave containing a skeleton
Skorbut, *m.* scurvy

Skythe, *m.* Scythian
Slave, *m.* Slav, Slavonian
so, so, as, thus, then; — **wie** —, in any case, anyhow
SO = Südosten
sobald, as soon as
sodann, then, thereupon
soeben, just, just now
sofort, immediately, at once
sog. = **sogenannt**
sogar, even, actually, indeed
sogen. = **sogennant,** so-called
sogleich, immediately, at once
solange, as long as
solch, such
Soldat, *m.* soldier
sollen, shall, should, ought, be said, be intended, signify
Solutréen, *n.* Solutrean (culture *or* period)
somit, accordingly
Sommer, *m.* summer
Sommeraufenthalt, *m.* summer residence
Sommerburan, *m.* summer buran
sommergrün, green in summer, verdant
sommerlich, in summer, summer–
Sommerpflanze, *f.* summer-plant, annual
Sommerregen, *m.* summer rain
Sommertemperatur, *f.* summer temperature
Sommerwärme, *f.* summer heat (temperature)
sonderlich, special, particular
sondern, but (*only after negatives*)
sondern, to separate; **gesondert,** separate
Sonderstellung, *f.* unique (exceptional) position
Sonderung, *f.* separation, division
Sonne, *f.* sun
Sonnenäquator, *m.* sun's equator
Sonnenatmosphäre, *f.* solar atmosphere
Sonnenaufgang, *m.* sunrise
Sonnenausbruch, *m.* solar eruption
Sonnenbahn, *f.* ecliptic
Sonnenball, *m.* solar orb
Sonnendurchmesser, *m.* diameter of the sun
Sonnenenergie, *f.* solar energy
Sonnenfackel, *f.* solar facula
Sonnenfinsternis, *f.* eclipse of the sun
Sonnenfleck, *m.* sun spot
Sonnenfleckenminimum, *n.* minimum occurrence of sun spots
Sonnenfleckgruppe, *f.* group of sun spots
Sonneninneres, *n.* interior of the sun
Sonnenkraft, *f.* solar energy
Sonnenlicht, *n.* sunlight
Sonnenmaterie, *f.* material of which the sun is composed, solar substance
Sonnenoberfläche, *f.* surface of the sun
Sonnenobservatorium, *n.* solar observatory
Sonnenphotographie, *f.* photograph of the sun
Sonnenphotosphäre, *f.* solar photosphere
Sonnenrand, *m.* rim of the sun
Sonnenscheibe, *f.* sun's disk
Sonnenschein, *m.* sunshine
Sonnenspektrum, *n.* solar spectrum

Sonnenstand, *m.* position (elevation) of the sun
Sonnenstrahl, *m.* sunbeam, solar ray
Sonnenstrahlung, *f.* solar radiation
Sonnensystem, *n.* solar system
Sonnentätigkeit, *f.* sun's activity, solar energy
Sonnentemperatur, *f.* sun's temperature
Sonnentheorie, *f.* theory of the sun
Sonnenuntergang, *m.* sunset
Sonnenwärme, *f.* heat of the sun, solar heat
sonst, otherwise, else(where), further, besides
sorgfältig, careful
sortieren, to sort (out), separate, sift
soviel, so far as, so (this) much
soweit, so far, as far as
sowie, as also, as well as
sowohl; — wie (als), as well as, both . . . and
Spalierform, *f.*, **Spalierstrauch,** *m.*, **Spalierwuchs,** *m. s. note* **102,** 8
Spalte, *f.* fissure, slit, crack
spalten (*pp.* **gespaltet** *or* **gespalten**), to split (up), separate, divide
Spaltöffnung, *f.* air-pore, stoma (*cf. note* **119,** 19)
Spaltöffnungsapparat, *m.* system of stomata, stomatic apparatus
Spaltpilz, *m.* fission-fungus, bacterium
Spaltprodukt, *n.* product of fissuration, fission-product
Spaltung, *f.* splitting, cleavage, division, fission
Spaltungsprozeß, *m.* (process of) disintegration, fission
Span, *m.* chip, splinter, shaving
Spange, *f.* clasp, brooch, buckle
Spanien, *n.* Spain
Spanier, *m.* Spaniard
spannen, to stretch, tighten; **sich —d,** self-winding, automatic
Spannkraft, *f.* tension, elasticity, energy of position
spärlich, scanty, rare, sparse, poor
spät, late
Spätling, *m.* late arrival, plant of late maturity
Speciesname(n), *m.* specific name
specifisch, specific
Spektralanalyse, *f.* spectral analysis
Spektralapparat, *m.* apparatus for observing spectra, spectroscope
Spektrallinie, *f.* spectral line
Spektroheliograph, *m.* spectroheliograph
Spektroskop, *n.* spectroscope
spektroskopisch, spectroscopic
Spektrum, *n.* spectrum
spenden, to dispense, bestow, furnish
Spender, *m.* giver, dispenser
spez. = spezifisch
Spezialuntersuchung, *f.* special investigation
speziell, special, (in) particular
Spezies, *f.* species
spezifisch, specific
Sphäre, *f.* sphere
Spiegel, *m.* mirror, surface
Spiegelung, *f.* reflection
spielen, to play; **—d,** in play, easily
spiralig, spiral

Spiralröhre, *f.* spiral tube, coil
Spirillum, *n.* spirillum
spitz, pointed, sharp, acute
Spitz, *m.* spitz-dog, Pomeranian dog
Spitze, *f.* point, apex, tip, peak
Spitzhund, *m.* spitz-dog
spongienbewachsen, overgrown with sponges, sponge-covered
sporadisch, sporadic
spotten, to ridicule, mock
Sprache, *f.* speech, language
Sprachstamm, *m.* family of languages
Sprachvermögen, *n.* faculty of speech
Sprachzentrum, *n.* speech-center (*cf. note* **15,** 27)
sprechen (a, o), to speak, pronounce
Sprechvermögen, *n.* = **Sprachvermögen**
Spreite, *f.* leaf-blade
sprengen, to blast, burst
Sprengkraft, *f.* explosive force, frangent power
Sproßpilz, *m.* budding (gemmiparous) fungus
Sprung, *m.* jump, leap
Sprungfläche, *f.* plane of thermal change (*cf.* **Temperatursprung**)
sprunghaft, abrupt, sudden
Spur, *f.* trace, track
Spy-Mensch, *m.* (*prehistoric*) man of the Spy type, Spy man
Sta. = **Sankta,** *f.* saint
staatlich, political, public, national
Stab, *m.* staff, stick, rod
Stäbchen, *n.* little staff, rod, stick
stabil, stable, fixed, permanent
Stadium, *n.* stage, phase
stagnieren, to stagnate
Stahl, *m.* steel
Stahlkugel, *f.* steel ball
Stamm, *m.* stem, trunk, tree, stock, race
Stammachse, *f.* stem, axis, axial support
Stammbaum, *m.* family (genealogical) tree, lineage
Stammbaumskizze, *f.* sketch of a family tree, ancestral chart
stammen, to spring from, originate, come
Stammpflanze, *f.* parent plant
Stammrasse, *f.* ancestral race, racial progenitor
Stammsucculenten, *f. pl.*; **Blatt- und —,** plants with juicy leaves and stalks, succulents
Stammtypus, *m.* racial type
Stammvater, *m.* tribal ancestor
Stand, *m.* position, state, condition (*s. also* **imstande**)
stand-halten (ie, a), to hold out against, survive the test
Standort, *m.* position, foothold, ground
Standpunkt, *m.* standpoint
stark, strong, heavy, great; very (much)
Stärke, *f.* strength, intensity; starch
Stärkemehl, *n.* starch(-flour)
starr, rigid, fixed, motionless
Starrezustand, *m.* condition of immobility
Station, *f.* station, observatory
stationär, stationary
statt, instead of
statt-finden (a, u), statt-haben, to take place, occur

stattlich, stately, imposing
Staub, *m.* dust
staubartig, staubförmig, dust-like, powdery
Staubschicht, *f.* layer of dust
staunen, to be astonished, marvel
stechend, pricking, pungent
stecken, to stick, fasten, set, lurk
stehen (stand, gestanden), to stand
steigen (ie, ie), to rise, ascend
steigern, to raise, advance, increase, enhance
Steigerung, *f.* rise, increase
Steigkraft, *f.* buoyancy
steil, steep, precipitous, abrupt
Steilheit, *f.* steepness
Stein, *m.* stone
Steinbau, *m.* stone-construction, masonry, stone structure
Steinblock, *m.* block of stone, boulder
Steineis, *n.* rock-like (lithoid) ice
Steinfund, *m.* discovery of stone implements, stone relic
Steingeräte, *n. pl.* stone implements
Steinhammer, *m.* stone hammer
Steinhaut, *f.* stony covering, envelope of rock
steinig, stony
Steinkammer, *f.* chamber constructed of stone, stone cell
Steinkocher, *m.* one who cooks with heated stones, stone-cook(er)
Steinkohle, *f.* mineral coal, anthracite, (pit-)coal
Steinkohlenformation, *f.* coal-measures, carboniferous formation (system)
Steinkohlengruppe, *f.* group of carboniferous formations; **produktive —,** coal-measures
Steinkohlenlager, *n.* coal-bed (seam)
Steinkörperchen, *n.* stony particle stereoplasma
Steinkreis, *m.* ring of stone blocks, cromlech
Steinkruste, *f.* stony crust, lithosphere
Steinmantel, *m.* stony covering (envelope)
Steinmaterial, *n.* stone (material)
Steinmonument, *n.* stone monument
Steinplatte, *f.* stone plate (slab)
Steinsalz, *n.* rock-salt
Steinsetzung, *f.* stonework, masonry
Steintafel, *f.* stone slab, layer (bed) of rock
Steinwaffe, *f.* stone weapon
Steinwerkzeug, *n.* stone tool (implement)
Steinwüste, *f.* stony desert
Steinzeit, *f.* stone age
Steinzeitgrab, *n.* grave of the stone age, neo- *or* paleolithic grave
Steinzeitmensch, *m.* man of the stone age
Steinzelle, *f.* stony cell, stereoplasma
Stelle, *f.* place, spot, passage
stellen, to place, put
Stellung, *f.* position, placement
Stempel, *m.* stamp, impress
Stengel, *m.* stalk, stem
Steppe, *f.* steppe, treeless plain
Steppenflora, *f.* flora of the steppes

Steppengebiet, *n.* region of the steppes
Steppenländer, *n. pl.* steppe lands, steppes
Steppenläufer, *m.* prairie-runner, tumbleweed
Steppenpflanze, *f.* plant indigenous to the steppes, steppe plant
sterben (**a, o**), to die
Sterben, *n.* death, decease
Stern, *m.* star, heavenly body
sternförmig, star-shaped
Sternschnuppe, *f.* shooting star
stet, constant
stetig, continual, constant
stets, constantly, always
Stich, *m.* prick, sting; — **halten,** to stand the test, hold good
Stichel, *m.* style, engraver's tool
Stickoxyd, *n.* = **Stickstoffoxyd**
Stickstoff, *m.* nitrogen
Stickstoffoxyd, *n.* nitric oxide
Stickstoffsphäre, *f.* nitrogen sphere (belt)
Stiel, *m.* handle, haft
stielartig, like a handle, stalk-shaped, stem-like
still, still, quiet; **Stiller Ozean,** Pacific Ocean
Stillstand, *m.* standstill, stop
stimmen, to harmonize, agree
Stimmgabel, *f.* tuning-fork
Stimmung, *f.* tuning, pitch, key
Stirn, *f.* forehead, brow
Stirnhirn, *n.* prosencephalon, forebrain
Stoff, *m.* matter, material, stuff, substance
Stoffabgabe, *f.* elimination of matter
Stoffaufnahme, *f.* appropriation of matter
Stoffmagazin, *n.* supply-chamber, repository
Stoffmetamorphose, *f.* transmutation of matter, metabolism
Stoffumsetzung, *f.* transmutation of matter
Stoffwechsel, *m.* change (waste and repair) of matter, metabolism
Stoffwechselprodukt, *n.* metabolic product
Stoffwechselprozeß, *m.*, **Stoffwechselvorgang,** *m.* metabolic process
Stopfen, *m.* stopper, cork
Störung, *f.* disturbance, perturbation
Strahl, *m.* beam, ray
strahlen, to beam, radiate; —**d,** radiant, brilliant
Strahlenbrechung, *f.* refraction
Strahlenbündel, *n.* bundle (pencil) of rays
Strahlenkranz, *f.* luminous crown, aureole
Strahlung, *f.* radiation
Strahlungserscheinung, *f.* phenomenon of radiation
Strahlungsgesetz, *n.* law of radiation
Strahlungsgleichgewicht, *n.* radiative (thermal) equilibrium
Strahlungsquelle, *f.* source of radiation
Strahlungsverhältnis, *n.* condition of radiation
Strand, *m.* strand, shore
Strandlinie, *f.* shore line, coast line

Strandpflanze, *f.* shore-plant, beach-plant
Strandvegetation, *f.* shore vegetation, littoral flora
Stratosphäre, *f.* stratosphere
Stratus, *m.* stratus
Stratusform, *f.* stratus form
Strauch, *m.* shrub, bush
Strecke, *f.* stretch, distance
streifen, to mark with stripes, streak, striate; brush, graze; **—d,** oblique
Streifen, *m.* stripe, streak, band, striation
streifenförmig, striate, banded
streitig; — machen, to contest the right to, dispute
Streitwaffe, *f.* offensive weapon
streng, severe, strict; **— genommen,** strictly speaking
Strich, *m.* stroke, mark, line
Strom, *m.* stream, current
strömen, to stream, flow, run
Stromschnelle, *f.* rapids
Strömung, *f.* streaming, current
Stromzuleitung, *f.* current-conduction
Struktur, *f.* structure, construction, composition
Strukturänderung, *f.* structural change
Stück, *n.* piece, bit, part, specimen
Stückchen, *n.* little piece, particle
Studie, *f.* study, investigation
studieren, to study
Studium, *n.* study
Stufe, *f.* step, degree, stage, rank
Stunde, *f.* hour
stundenlang, for hours
stündlich, hourly, per hour
Sturm, *m.* storm
Sturmfeld, *n.* storm-area
Sturmflut, *f.* tide augmented by a storm, tidal wave
stürmisch, stormy
Sturmwirbel, *m.* cyclonic vortex
stürzen, to dash, rush, plunge downward
Stütze, *f.* support, prop
stützen, to prop, support; **sich —,** to lean (be based) upon; **gestützt auf,** supported by, upon the basis of
subarktisch, subarctic
Subcarbon, *m.* Sub-Carboniferous
submarin, submarine
submers, submersed, submerged
Substanz, *f.* substance, material, matter
subtropisch, subtropical
suchen, to seek
Süd, *m.* south
Südamerika, *n.* South America
südasiatisch, of Southern Asia, South Asiatic
Südbreite, *f.* south latitude
Süddeutschland, *n.* Southern Germany
Süden, *m.* south
Südfrankreich, *n.* Southern France
Südfuß, *m.* (lower) southern slope
südlich, south(ern), to the south
Südosten, *m.* southeast
Südostspanien, *n.* Southeastern Spain
Südostwind, *m.* southeast wind
Südpolarexpedition, *f.* antarctic expedition
Südpolarforschung, *f.* antarctic exploration
Südpolarmeer, *n.* Antarctic Ocean

Südschweden, *n.* Southern Sweden
Südseeinsulaner, *m.* South Sea islander, Polynesian
südwärts, southwards, toward the south
Südwestwind, *m.* southwest wind
Sukkulente, *f.* succulent (plant)
Summe, *f.* sum, total
summieren, to join by summation, add together
Sumpf, *m.* swamp
Sundastraße, *f.* Sunda Strait
süß, sweet, fresh
Süßwasseramöba, *f.* fresh water amoeba
SW = Südwesten, *m.* southwest
Symbol, *n.* symbol, emblem
Symptom, *n.* symptom, sign
Synthese, *f.* synthesis
synthetisch, synthetic
Syrien, *n.* Syria
System, *n.* system

T

t = Tonne
Tabelle, *f.* table
Tafel, *f.* table, plate
Tafelberg, *m.* Table Mountain
Tag, *m.* day
tagelang, for days, days at a time
Tagesgestirn, *n.* day-star, sun
Tageslicht, *n.* light (of day)
Tagesmittel, *n.* daily average
Tagestemperatur, *f.* daily temperature
Tageszeit, *f.* time of (the) day, hour
tagtäglich, every day, daily
Tal, *n.* valley, trough (*of a wave*)
Taleinschnitt, *m.* eroded valley
Talfurche, *f.* (hollow of a) valley
Talhang, *m.* side of a valley, slope
Talseite, *f.* side (slope) of a valley
Tamariske, *f.* tamarisk
Tanne, *f.* fir
tapfer, brave, valiant
tappen, to grope
Tat, *f.* deed; **in der —,** in fact, indeed
tätig, active, operating
Tätigkeit, *f.* activity, action, occupation
Tatsache, *f.* fact
Tatsachenmaterial, *n.* (collected) facts, data
tatsächlich, actual, real; as a matter of fact
Tau, *m.* dew
tauchen, to dip, immerse, be immersed
Tauchervogel, *m.* diving-bird, diver
Taufall, *m.* dewfall
Taupunkt, *m.* dew-point
tausend, thousand
Tausend, *n.* (one) thousand
tausendfach, thousandfold
Tausendstel, *n.* thousandth
Technik, *f.* technic(s), technical art(s)
technisch, technical
Teich, *m.* pond, pool
Teich-Welle, *f.* pond-wave, ripple
Teil, *m.* part, share, portion; **zum —,** in part
teilbar, divisible
Teilbarkeit, *f.* divisibility
Teilchen, *n.* particle
teilen, to divide, subdivide
Teilerscheinung, *f.* partial manifestation

teil-nehmen (a, o), to take part, participate
teils, partly
teilweis, partial; **—e**, in part
tellurisch, tellurian, terrestrial
Temperament, *n.* temperament, disposition
Temperatur, *f.* temperature
Temperaturabnahme, *f.* decrease (drop) in temperature
Temperaturanforderungen, *f. pl.* thermal demands, heat-requirements
Temperaturdifferenz, *f.* difference in temperature, thermal change
Temperaturerhöhung, *f.* rise in temperature
Temperaturgefälle, *n.* fall (drop) in temperature
Temperaturgrad, *m.* degree of temperature
Temperaturgrösse, *f.* thermal quantity, degree of heat
Temperaturkurve, *f.* curve of temperature
Temperaturmittel, *n.* average temperature, thermal mean
Temperaturschicht, *f.* (iso)thermal stratum
Temperaturschwankung, *f.* variation in temperature, thermal fluctuation
Temperaturskala, *f.* scale of temperature, thermal scale
Temperatursprung, *m.* sudden drop *or* rise in temperature, thermal change
Temperatursumme, *f.* thermal aggregate
Temperaturverhältnis, *n.* thermal condition(s)
Temperaturzunahme, *f.* increase (rise) in temperature
temperieren, to temper; **temperiert**, having a certain temperature
Tempo, *n.* tempo, rate
Tendenz, *f.* tendency
Teneriffa, *n.* Teneriffe
Teppich, *m.* tapestry, carpet
Terpentinöl, *n.* turpentine
Terrainwelle, *f.* undulation of the ground (surface)
terrester, terrestrial, inland
Territorium, *n.* territory, region
tertiär, tertiary
Tertiär, *n.* Tertiary
Tertiärformation, *f.* tertiary formation (system)
Tertiärmensch, *m.* tertiary man
Tertiärperiode, *f.* tertiary period
Tertiärzeit, *f.* tertiary era
Text, *m.* text
Thema, *n.* theme, subject
theoretisch, theoretical, in theory
Theorie, *f.* theory
Therme, *f.* thermal spring
thermisch, thermal, thermic
Thermodynamik, *f.* thermodynamics
Thermometer, *n.* (*m.*) thermometer
Thomsonsch, Thomson's
Thon, *m.* clay
Thüringen, *n.* Thuringia
Thymian, *m.* thyme
tibetanisch, Thibetan
tief, deep, profound, low
Tiefbohrer, *m.* drill (*for boring to low levels*)
Tiefe, *f.* depth, deep, depression, hollow

tiefgreifend, far-reaching, radical, revolutionary
Tieflage, *f.* low situation, lowland(s)
Tiefland, *n.* lowland(s), bottomland(s)
Tieflandsfichte, *f.* lowland pine
Tiefsee, *f.* deep-sea, oceanic depths
Tiefseefauna, *f.* deep-sea (abysmal) fauna
tiefsinnig, thoughtful
Tier, *n.* animal
Tierform, *f.* animal form, species
Tiergenossenschaft, *f.* group of animals, animal association
tiergeographisch, zoogeographical
Tierherde, *f.* herd (flock) of animals
tierisch, animal(ic), bestial
Tierkörper, *m.* animal body
Tierkraft, *f.* energy exerted by animals, animal power
Tierphysiologie, *f.* animal physiology, zoonomy
Tierreich, *n.* animal kingdom
Tierwelt, *f.* animal world (kingdom)
Tierzahn, *m.* tooth of an animal
Tierzeichnung, *f.* drawing of an animal
Tiroler, Tyrolese
Tisch, *m.* table
Tischplatte, *f.* table-top
Titel, *m.* title
Titelbild, *n.* frontispiece
Tod, *m.* death
tödlich, deadly, fatal
Ton, *m.* tone, sound, shade
Ton, *m.* = **Thon**
tönen, to sound, resound
tönern, (of) clay, earthen
Tonfülle, *f.* volume of sound, resonance
Tonfund, *m.* discovery of earthen utensils, earthen relic
Tongefäß, *n.* earthen jar (vessel)
Tonne, *f.* ton (*1016 kg.*)
Tonpfeife, *f.* clay pipe
Töpferei, *f.* pottery, ceramic art
Topfscherbe, *f.* fragment of pottery, potsherd
Topographie, *f.* topography
topographisch, topographical
Torf, *m.* turf, peat
Torfhund, *m.* marsh dog (*Canis palustris*)
Torfmoor, *n.* peat-bog, moorland
Torfrind, *n.* marsh ox, aurochs
Tornado, *m.* tornado
Torricellisch, Torricelli's
tot, dead
total, total
Totalität, *f.* totality, entirety
töten, to kill
Totenverbrennung, *f.* burning (cremation) of the dead
träge, inactive, inert
tragen (u, a), to carry, support, bear, wear
Träger, *m.* bearer, carrier, vehicle, repository
Trägheit, *f.* inertia
Tragweite, *f.* range, far-reaching importance
Transgression, *f.* transgression
Transpiration, *f.* transpiration
transpirieren, to transpire, exhale; **—d,** transpiratory
Transport, *m.* transportation, conveyance
transportieren, to transport, convey

Transportkraft, *f.* transporting force, power of conveyance
Transportmittel, *n.* means of transportation
Traubenform, *f.* botryoidal (clustered) form
Traum, *m.* dream
treffen (a, o), to strike, meet, fall (come) upon; **—d,** pertinent, suitable
Treibbeet, *n.* forcing-bed, hotbed
treiben (ie, ie), to drive, put forth (*leaves, etc.*), carry (on)
trennbar, separable, divisible
trennen, to separate, decompose
treten (a, e), to tread, step, enter, appear
Triade, *f.* triad (*cf. note* **142,** 11)
Triasformation, *f.* Triassic formation (system)
Triebwerk, *n.* driving-gear, mechanism
Trinkgefäß, *n.* drinking vessel
Triumph, *m.* triumph
trocken, dry
Trockengebiet, *n.* arid region
Trockenheit, *f.* dryness, aridity, drought
Trockenheitsschutz, *m.* protection against desiccation
Trockenperiode, *f.*, **Trockenzeit,** *f.* dry season
trocknen, to make dry, dry out
Tropen, *f. pl.* tropics
Tropengürtel, *m.* tropical belt, tropics
Tropenzone, *f.* torrid zone, tropics
tropfbar(-)flüssig, liquid
Tröpfchen, *n.* droplet, globule
Tropfen, *m.* drop
tropisch, tropical
Tropophyt, *n.* tropophyte
Troposphäre, *f.* troposphere
trostlos, cheerless, dreary
trotz, in spite of
trotzdem, in spite of that, nevertheless; although
trüb(e), turbid, cloudy, murky
trüben, to make turbid *or* hazy, cloud, dim, obscure
Trübung, *f.* turbidity, murkiness, cloudiness
Trümmer, *f. pl.* fragments, ruins
Trypsin, *n.* trypsin
tüchtig, efficient, vigorous
tun (tat, getan), to do, make, take, deal
Tundra, *f.* tundra
Tundrainsel, *f.* island having the flora of a tundra, tundra island
Tür, *f.* door
Türkei, *f.* Turkey
Turon, *m.* Turonian
Tuscaroratiefe, *f.* Tuscarora deep
Tusche, *f.* India ink, drawing-ink
typenarm, poor in typical forms, oligotypic
typisch, typical
Typus, *m.* type

U

u. a. = unter anderem (anderen), among others, *or* **und andere,** and others
u. a. m. = und anderes mehr, and so on, and so forth
üben, to practise, exercise, exert; **geübt,** practised, skilled
über, over, above, concerning, upon, across, beyond
überall, everywhere

überaus, exceedingly, excessively
Überblick, *m.* survey, review
überdachen, to roof, cover
überdauern, to outlast, pass through, survive
Überdauerung, *f.* outlasting, survival
überdecken, to cover (over)
überdies, besides, furthermore
übereinander, one over the other
überein-kommen (a, o), to agree
überein-stimmen, to agree, coincide, harmonize, accord with
Übereinstimmung, *f.* agreement, uniformity
Überfluß, *m.* superfluity, surplus, excess
überflüssig, superfluous
überfluten, to overflow, inundate
Überflutung, *f.* flooding, inundation
über-führen, to lead across, convert, reduce
Übergang, *m.* passage, transition, intermediate stage
Übergangsperiode, *f.* transitional period
Übergangstundra, *f.* intermediary (annectent) tundra
Übergangszeit, *f.* age of transition, transitional period
über-gehen (ging —, —gegangen), to pass over, merge
übergießen (o, o), to pour over, flood, bathe
übergroß, huge, excessive, very great
überhaupt, in general, altogether, at all, in any case
überhitzen, to superheat
überlagern, to overlay, cap
überlegen, to reflect upon, consider
Überlegung, *f.* reflection, deliberation, consideration
über-leiten, to lead over, form the transition
Überlieferung, *f.* tradition, (transmitted) data, evidence
Übernahme, *f.* taking over, assumption
überragen, to overtop, project over
überraschen, to surprise; **—d,** astonishing
Überraschung, *f.* surprise
Überrest, *m.* residue, remain(s), remnant
Überschiebung, *f.* horizontal displacement, overthrust
überschreiten (ī, i), to step (pass) over, invade, cross, exceed, surpass
Überschreitung, *f.* passing over, crossing
Überschuß, *m.* excess, surplus
überschüssig, surplus
überschütten, to pour over, overwhelm, cover, bury
überschwemmen, to overflow, inundate
Überschwemmung, *f.* overflow, inundation
Überschwemmungsgebiet, *n.* region of overflow, inundation-area
übersehen (a, e), to overlook, survey, estimate
übersichtlich, easy to survey, perspicuous
überspannen, to span, overarch, cover

übertragen (u, a), to transfer, transmit
Übertragung, *f.* transference, transmission
übertreffen (a, o), to surpass, exceed
übertreiben (ie, ie), to carry to excess, exaggerate
über-treten (a, e), to step (pass) over
Überwachung, *f.* supervision, survey, observation
überwiegen (o, o), to outweigh, exceed, preponderate; **—d,** predominant
überzeugen, to convince
Überzeugung, *f.* conviction, (firm) belief
überziehen (—zog, —zogen), to spread over, cover, coat
üblich, usual, customary
übrig, remaining, (left) over, other
übrig-bleiben (ie, ie), to be left over, remain
übrigens, moreover
u. dgl. m. = und dergleichen mehr, and more of the like, and so forth
Ufer, *n.* bank, shore, coast
Ufergebiet, *n.* coastal region, littoral
Uhr, *f.* clock, watch; o'clock
Uhrfeder, *f.* watch-spring
Uhrwerk, *n.* clockwork
Uhrzeiger, *m.* hand of a watch *or* clock
Ultramikroskop, *n.* compound microscope
u. M. = über dem Meeresspiegel, above sea-level
um, about, around, for, by, at; **um . . . zu,** in order to; **— so mehr,** so much the more
um-biegen (o, o), to bend (around)
Umbildung, *f.* recasting, transformation
Umdrehungsbahn, *f.* orbit (of revolution)
Umdrehungsebene, *f.* plane of revolution, ecliptic
Umdrehungszeit, *f.* time (period) of revolution
Umfang, *m.* compass, range, extent
umfangreich, broad, extensive
umfassen, to embrace, comprise, include; **—d,** comprehensive, extensive
Umfassung, *f.* enclosure
umgeben (a, e), to surround
Umgebung, *f.* surroundings, neighborhood, environment
um-gehen (ging—, —gegangen), to go around, circulate, deal (with)
Umgekehrte (das), *s.* **umkehren**
Umgestaltung, *f.* transformation
umgrenzen, to bound, limit, circumscribe
Umgruppierung, *f.* regrouping, recombination
um-kehren, to reverse, invert; **umgekehrt,** converse, inverse; on the other hand; **das Umgekehrte,** the reverse, the opposite
Umkehrung, *f.* reversion, reversal
um-kommen (a, o), to perish
Umlagerung, *f.* rearrangement
Umlauf, *m.* revolution, rotation
Umlaufsrille, *f.* groove produced by a cylindrical instrument, circular furrow

Umlaufszeit, *f.* time (period) of revolution
um-prägen, to recoin, transform
Umrandung, *f.* border, margin
umreißen (i, i), to sketch, delineate; **umrissen,** defined
Umriß, *m.* outline
Umschlag, *m.* (sudden) change, transformation, alteration
umschließen (o, o), to surround, enclose
um-schmelzen (o, o), to transform by melting, recast
um-setzen, to transpose, convert
Umsetzung, *f.* transposition, conversion, readjustment
umso, (by) so much
umspannen, to span, embrace, envelop, surround
umspülen, to wash (on all sides), bathe
Umstand, *m.* circumstance; **unter Umständen,** under certain conditions
umstellen, to place around, surround
umstreiten (i, i), to dispute
Umwälzung, *f.* revolution, transformation
umwandelbar, changeable, transformable
um-wandeln, to change, transform
Umwandlung, *f.* change, transformation
Umwandlungsprodukt, *n.* product of transformation, metamorphic product
unabhängig, independent
unanfechtbar, incontestable
unangenehm, unpleasant
unaufhaltsam, irresistible
unaufhörlich, interminable, constant, incessant
unbeachtet, unnoticed, disregarded
unbedeutend, insignificant, unimportant
unbedingt, unconditioned, absolute; unquestionably
unbefruchtet, unfertilized
unbekannt, unknown
unbenutzt, unused
unbequem, inconvenient
unberührt, untouched
unbeständig, inconstant, unstable
unbewölkt, cloudless
und, and
undenkbar, inconceivable
undurchdringbar, impenetrable
undurchsichtig, non-transparent, opaque
uneben, uneven, rough
Unebenheit, *f.* unevenness, inequality
unedel, ignoble, base
unendlich, endless, infinite
unentbehrlich, indispensable
unentwickelt, undeveloped
unerheblich, inconsiderable
unerhört, unheard of, unprecedented
unermeßlich, immeasurable, immense
unerwartet, unexpected
unfaßbar, inconceivable
Ungarn, *n.* Hungary
ungeahnt, unsuspected, astonishing
ungebräuchlich, unusual, not in use
ungeeignet, unfit, unsuitable

ungefähr, approximate; about, nearly
ungeheuer, monstrous, tremendous, immense
Ungeheuerlichkeit, *f.* monstrosity, immensity
ungehindert, unchecked, without hindrance
ungelöst, unsolved
ungereimt, without rime or reason, absurd
ungesättigt, unsaturated
ungewöhnlich, unusual, extraordinary
ungewohnt, unaccustomed, unusual
ungezwungen, unconstrained, easy
unglaublich, incredible
ungleich, unequal, unlike; far
ungünstig, unfavorable
universal, universal
Universität, university
unklar, obscure, hazy, vague
unlegiert, unalloyed, pure
unmerklich, imperceptible
unmittelbar, immediate, direct
unmöglich, impossible
unorganisch, inorganic, anorganic
unregelmäßig, irregular
unruhig, restless, unsettled
unschädlich, harmless
unscheinbar, plain, inconspicuous
unser, our
unsicher, uncertain, unstable
Unsicherheit, *f.* uncertainty
unsichtbar, invisible
unten, below, (at) the bottom; **nach —,** downwards
unter, under, below, among, amid, with, in, (accompanied) by
unter- (*adj.*), lower, inferior, under; **—st,** lowest
unterbrechen (a, o), to interrupt, break
Unterbrechung, *f.* interruption
untereinander, among themselves
Untergang, *m.* setting, (sun)set; destruction
unter-gehen (ging —, —gegangen), to sink, set, perish
unterhalb, under, below, beneath
unterhalten (ie, a), to support
Unterhaltung, *f.* maintenance, support
Unterkiefer, *m.* lower jaw, mandible
Unterlage, *f.* basis, support
unterliegen (a, e), to be subject, succumb
unternehmen (a, o), to undertake
unter-ordnen, to subordinate; **— geordnet,** subordinate, inferior
Unterredung, *f.* conference, conversation
unterrichten, to instruct, inform
unterscheiden (ie, ie), to distinguish; **sich —,** be distinguished, differ
unter-schieben (o, o), to shove under, push (place) beneath
Unterschied, *m.* distinction, difference, contrast
unterschreiten (i, i), to pass (drop) below
Unterseite, *f.* lower side (surface)
unterst, *s.* **unter-** (*adj.*)
unterstützen, to support, aid
untersuchen, to investigate, examine
Untersuchung, *f.* investigation, inquiry

Untersuchungsmethode, *f.* method of investigation
Unterton, *m.* lower tone (*below middle C*)
unterwerfen (a, o), to subject, submit; —**worfen,** subject
unterwühlen, to undermine
untrennbar, inseparable
untrüglich, unmistakable, unequivocal
unüberschreitbar, impassable
unüberwindlich, invincible, impassable
ununterbrochen, uninterrupted, continuous, incessant
unveränderlich, unchangeable, invariable, constant
unverändert, unchanged
unverbrannt, unburned, unconsumed
unverdaulich, indigestible
unverdrossen, unwearied, patient
unvergleichlich, incomparable
unvermehrt, not increased, unaugmented
unvermindert, undiminished
unverständlich, unintelligible, incomprehensible
unverweslich, not subject to decay, incorruptible
unverzweigt, unbranched, simple
unvollendet, unfinished, incomplete
unwegsam, impassable, pathless
unwesentlich, unessential, immaterial
unwiderleglich, irrefutable
unwillkürlich, involuntary, instinctive, automatic
Unzahl, *f.* endless number, host
unzählig, innumerable
Unze, *f.* ounce
unzerstörbar, indestructible
Unzerstörbarkeit, *f.* indestructibility
unzugänglich, inaccessible
Unzugänglichkeit, *f.* inaccessibility
unzulänglich, inadequate
Unzulänglichkeit, *f.* inadequacy, insufficiency
unzureichend, insufficient
unzutreffend, wide of the mark, incorrect
unzweifelhaft, indubitable, unquestionable
Üppigkeit, *f.* luxuriance, profusion
Ur, *m.* aurochs, bison
Ural, *m.* Ural Mts.
uralt, very old, ancient
Uran, *n.* uranium
Uranusbahn, *f.* orbit of Uranus
Uratmosphäre, *f.* primordial atmosphere
Urelement, *n.* primitive (original) element
Urerde, *f.* primeval earth
urgermanisch, primitive Germanic
Urgeschichte, *f.* prehistory
Urgneisformation, *f.* formation of primitive gneiss, Laurentian system
Urgrund, *m.* first (fundamental) cause
Urheber, *m.* author, originator
Urkraft, *f.* fundamental energy, first cause
Urmensch, *m.* primitive man
Urmutter, *f.* original (first) mother
Urperiode, *f.* primeval period, archaic era
Urrind, *n.* primitive ox, aurochs
Ursache, *f.* cause

ursächlich, causal; in a causal relation
Urschieferformation, *f.* formation of primitive schists, Huronian system
Ursprung, *m.* source, origin
Ursprungland, *n.* country of origin, native land
ursprünglich, original
Urwaldgebiet, *n.* region of primeval forest
Urzeit, *f.* remote antiquity, primeval era
urzeitlich, ancient, primeval, prehistoric
Urzeugung, *f.* spontaneous generation, heterogenesis
usw. = und so weiter, and so forth

V

v. = von *or* **vor**
Vakuole, *f.* vacuole
Vakuum, *n.* vacuum
variabel, variable, changeable
Varietät, *f.* variety
variieren, to vary, fluctuate
Vegetation, *f.* vegetation
Vegetationscharakter, *m.* character of the vegetation
vegetationslos, destitute of vegetation
Vegetationsorgan, *n.* vegetative organ
Vegetationsperiode, *f.* vegetative period
Vegetationsphase, *f.* vegetative phase, stage of growth
Vegetationstätigkeit, *f.* vegetative activity
vegetativ, vegetative
Venetien, *n.* Venezia, Venice (*province*)
veralten, to become old; **veraltet,** antiquated
veränderlich, changeable, modifiable
verändern, to change, alter
Veränderung, *f.* change, modification, variation
veranlassen, to cause, occasion, induce
Veranlassung, *f.* cause, occasion
veranschaulichen, to demonstrate, show (graphically), make clear
Veranschaulichung, *f.* demonstration, illustration
veranschlagen, to estimate, appraise
verarbeiten, to work up, elaborate, shape, digest
Verarbeitung, *f.* elaboration
verbergen (a, o), to hide, conceal
verbessern, to improve, correct
Verbesserung, *f.* improvement, correction
verbinden (a, u), to connect, combine, unite, be attended
Verbindung, *f.* connection, combination, union, compound
Verbindungsgewicht, *n.* combining (atomic) weight
Verbindungsstamm, *m.* connecting stem, conjunctive column
Verbrauch, *m.* consumption, expenditure
verbrauchen, to use up, consume
verbreiten, to spread, diffuse, disseminate, extend
Verbreitung, *f.* spread(ing), distribution, range, extent

Verbreitungsfrage, *f.* question (problem) of distribution
Verbreitungsmittel, *n.* means of distribution
Verbreitungszentrum, *n.* distributional center
verbrennen (—brannte, —brannt), to burn, consume
Verbrennen, *n.*, **Verbrennung,** *f.* burning, combustion
Verbrennungslöffel, *m.* deflagration spoon, combustion ladle
Verbrennungsprodukt, *n.* product of combustion
Verbrennungsprozeß, *m.* process of combustion
verdampfen, to vaporize, evaporate
Verdampfen, *n.*, **Verdampfung,** *f.* vaporization, evaporation
Verdampfungswärme, *f.* heat of vaporization
verdanken, to thank (be indebted) for, owe
verdauen, to digest
Verdauung, *f.* digestion
Verdauungsapparat, *m.* digestive apparatus
Verdauungsorgan, *n.* digestive organ
Verdauungsprozeß, *m.* digestive process
verdecken, to cover, conceal
verderblich, destructive, disastrous
verdichten, to make tight (waterproof), condense, concentrate
Verdichtung, *f.* concentration, condensation
verdicken, to thicken, harden
Verdickung, *f.* thickening
verdienen, to earn, deserve
Verdienst, *m.* earnings, merit, deserts
verdoppeln, to double
verdrängen, to push aside, displace
verdünnen, to thin, dilute, rarefy
Verdünnung, *f.* dilution, rarefaction
verdunsten, to evaporate, vaporize
vereinbaren, to agree upon
Vereinbarung, *f.* agreement, understanding
vereinen, to unite, combine
vereinfachen, to simplify
vereinigen, to unite, combine
Vereinigung, *f.* union, combination
vereinzelt, single, occasional, sporadic
Vereisung, *f.* glaciation
vererben, to bequeath, transmit
Verfahren, *n.* procedure, process
verfehlen, to miss; **verfehlt,** unsuccessful, mistaken
verfeinern, to refine, improve
verfertigen, to prepare, construct, make
verfließen (o, o), to flow by, pass
verfolgen, to follow (up), pursue, trace
Verfolgung, *f.* pursuit
verfrachten, to transport
Verfrachtung, *f.* portage, transportation
verfügbar, available
verfügen, to decree, control; **— über,** have at one's disposal
Verfügung, *f.* disposal; **zur — stehen,** to be at one's disposal, be available
Vergangenheit, *f.* past

vergänglich, transitory, transient
vergeblich, vain, futile; in vain
vergegenwärtigen, to bring home to one's mind, picture
Vergesellschaftung, *f.* association
vergessen (a, e), to forget
vergiften, to poison
Vergleich, *m.* comparison, parallel
vergleichen (i, i), to compare; **—d,** comparative
Vergleichen, *n.* comparison
Vergleichsmaterial, *n.* material for comparison, comparative data
Vergleichung, *f.* comparison
Vergletscherung, *f.* glaciation
Vergneisung, *f.* gneissic metamorphosis
vergönnen, to grant, permit
vergrößern, to enlarge, increase
Vergrößerung, *f.* enlargement, magnifying power
Vergrößerungsglas, *n.* magnifying-glass
verhalten (ie, a); sich —, to bear (stand in) a certain relation, agree, behave, act, be; **es verhält sich,** conditions are
Verhalten, *n.* behavior, conduct, action
Verhältnis, *n.* relation(ship), condition, proportion, ratio
verhältnismäßig, relative, proportional
verharren, to persist, remain
verhindern, to hinder, prevent
Verkehr, *m.* traffic, intercourse, commerce
verkehrt, reversed, inverted, wrong, false, inappropriate
verkitten, to cement (together), conglutinate
Verkittung, *f.* cementation, conglutination
verkleinern; sich —, to diminish, shrink, contract
Verkleinerung, *f.* reduction, diminution
verknüpfen, to tie, connect, unite
verkrüppeln, to cripple, stunt
verkümmern, to become stunted, atrophy
Verkümmerung, *f.* stunting, degeneration, atrophy
verkürzen, to shorten; **sich —,** retract, contract
verlangen, to desire, demand
verlängern, to lengthen, prolong, extend
Verlängerung, *f.* lengthening, prolongation
verlangsamen, to slow down, delay, retard
verlassen (ie, a), to leave, abandon
Verlauf, *m.* course
verlaufen (ie, au), to run, take a certain course, pass, proceed
verlegen, to shift, transfer
verleihen (ie, ie), to lend, confer
verlieren (o, o), to lose; **verloren gehen,** be lost
verlöschen (o, o), to go (die) out, become extinct
Verlust, *m.* loss
vermehren, to increase; **sich —,** multiply, reproduce
Vermehrung, *f.* increase, multiplication, propagation
vermeintlich, supposed
vermindern, to lessen, reduce
Verminderung, *f.* diminution, reduction
vermischen, to (inter)mix, blend

Vermischung, *f.* (inter)mixture, mixing
Vermischungsbestreben, *n.* tendency to intermix (*cf.* **Bestreben**)
vermitteln, to act as an intermediary, serve as a link, introduce, facilitate
Vermittelung, *f.* mediation, agency
vermodern, to moulder, decay
vermöge, by virtue of, in consequence of
vermögen (—**mochte,** —**mocht**), to be able
Vermögen, *n.* power, ability
vermuten, to suspect, suppose, surmise
vermutlich, supposed, presumable
Vermutung, *f.* conjecture, surmise
vermutungsweise, by way of conjecture
verneinen, to deny; —**d,** (in the) negative
vernichten, to destroy; —**d,** destructive
Vernichtung, *f.* destruction
Vernunft, *f.* reason
veröden, to convert into a waste, devastate, desolate
Verödung, *f.* devastation, desolation
veröffentlichen, to publish
verpflanzen, to transplant, transfer
Verquellung, *f.* gushing forth, oozing, effluxion
verraten (**ie, a**), to betray, reveal
verringern, to lessen, diminish, reduce
versagen, to refuse, fail; **sich** (*dat.*) —, deny one's self, refrain from
verschieben (**o, o**), to shove out of place, shift, disturb
Verschiebung, *f.* displacement, dislocation, fault
verschieden, different, various; — **stark,** in different degree, unequally
verschiedenartig, of different kind, varied, diverse
Verschiedenartigkeit, *f.* diversity, disparity
verschiedenfach, various
Verschiedenheit, *f.* difference, diversity
Verschlagenheit, *f.* cunning, craftiness
verschleppen, to carry along, drag, transport
Verschleppung, *f.* dragging, conveyance, transference
verschließen (**o, o**), to shut, close
verschmelzen (**o, o**), to melt, fuse, coalesce
Verschmelzung, *f.* melting, fusing, fusion
verschwinden (**a, u**), to disappear, vanish; —**d,** infinitesimal
Verschwinden, *n.* disappearance
versehen (**a, e**), to provide, furnish
versetzen, to transfer, transpose, change, set, bring, put
versinken (**a, u**), to sink, become submerged
Verspätung, *f.* delay
Verständigung, *f.* understanding
verständlich, intelligible, easily understood
Verständnis, *n.* understanding, comprehension
verstärken, to strengthen, intensify, augment

Verstärkung, *f.* strengthening, increase, intensification
verstehen (—stand, —standen), to understand
versteinern, to turn to stone, petrify
verstreuen, to scatter about
Verstummen, *n.* (sudden) silence
Versuch, *m.* attempt, experiment
versuchen, to try, attempt, tempt, determine by experiment
verteilen, to divide, distribute, dissipate
Verteilung, *f.* division, distribution
vertiefen, to deepen
Vertiefung, *f.* depression, hollow
vertikal, vertical
Vertikalbewegung, *f.* vertical movement
vertrauen, to trust (place confidence) in
vertraut, (intimately) acquainted, familiar
vertreten (a, e), to represent
Vertreter, *m.* representative
Vertrocknungsgefahr, *f.* danger of desiccation
verursachen, to cause, occasion
verwachsen (u, a), to intergrow; **verwachsen mit,** bound up with, related to
verwandeln, to change, transform
Verwandlung, *f.* transformation
verwandt, related, akin (*s. also* **verwenden**)
Verwandtschaft, *f.* relationship, affinity
verwaschen (u, a), to wash out; **verwaschen,** indistinct, blurred
verweilen, to tarry, linger, stay, continue
Verweilen, *n.* stay, continuance, sojourn
verweisen (ie, ie), to refer
verwenden (*p.p.* **verwandt** *or* **verwendet**), to apply, use, employ
Verwendung, *f.* application, use
Verwertung, *f.* utilization
verwickeln, to entangle; **verwickelt,** involved, complicated
Verwitterung, *f.* weathering, decomposition
Verwitterungsschutt, *m.* eroded material, detritus
Verwüstung, *f.* devastation
verzeichnen, to register, record
Vézèretal, *n.* valley of the Vézère
Vibrationstheorie, *f.* vibrational theory
Vieh, *n.* cattle, beast(s)
viehhütend, watching cattle, cattle-tending
Viehzucht, *f.* breeding of cattle, stock-raising
viel, much, many; far; **so — wie,** equivalent to
vielfach, manifold, frequent
vielgestaltig, multiform, diversiform
Vielheit, *f.* plurality, multiplicity, multitude
vielleicht, perhaps
vielmehr, rather, on the contrary
vielverästelt, with many branches, highly ramified
vier, four
viermal, four times
viert–, fourth
Viertel, *n.* quarter
Viertelstunde, *f.* quarter of an hour
vierwertig, quadrivalent

vierzig, forty
Viktoria-Nyanza, *m.* Victoria Nyanza (*lake*)
violett, violet
Violett, *n.* violet
Vogel, *m.* bird
Volk, *n.* people, nation
Völkerkunde, *f.* ethnology
Völkermuseum, *n.* ethnological museum
Völkerstamm, *m.* race, tribe
Völkerverschiebung, *f.* racial shifting
Volksmund, *m.* common parlance, vernacular
Volksname(n), *m.* tribal name
voll, full; no less than
Volleisenwaffe, *f.* weapon of the fully developed iron age, mesosideric weapon
Volleisenzeit, *f.* fully developed iron age, mesosideric era
Vollendung, *f.* completion, perfection
völlig, full, fully developed, complete, entire, perfect
vollkommen, complete, entire, perfect
vollständig, complete, entire
vollziehen (—zog, —zogen), to complete, carry out; **sich —**, proceed, take place
Volumen, *n.* volume
Volumprozent, *n.* volumetric percentage, per cent of volume
Volumverminderung, *f.* reduction (decrease) in volume
Volund, *m.* Wieland
von, from, of, by, concerning, upon
voneinander, from one another, of (upon) each other, apart
vor, before, in front of, against, above, off; — **zehn Jahren**, ten years ago
vor-ahnen, to have a presentiment of, suspect
voran-gehen (ging —, —gegangen), to go before, precede
vorauf-eilen, to hasten on before, precede swiftly
Vorausbestimmung, *f.* determination in advance, prediction
voraus-eilen, to hasten ahead, anticipate
voraus-gehen (ging —, —gegangen), to go before, precede
voraus-sagen, to predict, forecast
voraus-setzen, to put first, prefix, presuppose, assume; —**gesetzt**, provided
Voraussetzung, *f.* supposition, assumption
voraussichtlich, presumptive, presumable
Vorbedingung, *f.* preliminary condition, prerequisite
vor-behalten (ie, a), to reserve
vorbei-sinken (a, u), to sink past, drop below
Vorbereitung, *f.* preparation
Vorbereitungswelle, *f.* preparatory wave (*with reference to the rising tide of racial evolution*)
Vorbote, *m.* forerunner, omen, indication
vor-bringen (brachte —, —gebracht), to advance, adduce
vorder–, fore, front, upper
Vorderasien, *n.* Western Asia, the Near East, the Levant
Vorderfläche, *f.* anterior (outer) surface

Vordergrund, *m.* foreground
Vorderhirn, *n.* forebrain, prosencephalon
Vorderindien, *n.* India (proper), Hindustan
vor-dringen (a, u), to press forward, advance, extend
vorerwähnt, previously mentioned
Vorfahr, *m.* forefather, ancestor
Vorfall, *m.* occurrence, incident
vor-finden (a, u), to find (present), meet with; **sich —,** be found, *etc.*, occur
vor-führen, to present, exhibit
Vorgang, *m.* process, precedent, event, occurrence; **nach dem — von,** following the lead, adopting the suggestion of
Vorgänger, *m.* predecessor
Vorgehen, *n.* procedure, lead, course of action; **nach dem —,** *s.* **Vorgang**
Vorhafen, *m.* outer harbor
vorhanden, at hand, present, existing, existent
Vorhandensein, *n.* existence, presence
vorher, before, previously
Vorherrschaft, *f.* predominance, ascendancy
vor-herrschen, to prevail; **—d,** predominant, prevalent
Vorherrschen, *n.* prevalence
Vorhersage, *f.* foretelling, prediction
vorher-sagen, to predict
vorhin, a little while ago, just now, formerly
vor-kommen (a, o), to occur, appear
Vorkommen, *n.* occurrence, existence
Vorläufer, *m.* forerunner, predecessor
vorläufig, preliminary, temporary; for the present, as yet
Vorliebe, *f.* fondness, preference
vor-liegen (a, e), to lie before, be at hand, exist
Vormensch, *m.* prehuman (progenitor of) man
vornehm, distinguished, eminent, chief
vor-nehmen (a, o), to take up, undertake, set about, begin
vornehmlich, chiefly, mainly
Vorrat, *m.* supply, stock
Vorrichtung, *f.* contrivance, apparatus
vor-schieben, (o, o), to shove forward; **—geschoben,** advanced, outlying
Vorschlag, *m.* proposal, suggestion
vor-schlagen (u, a), to propose, suggest
vor-schreiten (i, i), to move forward, advance
Vorsicht, *f.* foresight, prudence, caution
vorsichtig, cautious, prudent, careful
Vorsichtsmaßregel, *f.* precautionary measure
vor-stellen, to place before, present; **sich** (*dat.*) **—,** conceive, imagine, picture
Vorstellung, *f.* concept(ion), idea, imagination
Vorstellungskraft, *f.* power of imagination

Vorstellungskreis, *m.* circle of ideas, field of thought
Vorstellungsreihe, *f.* series of ideas, chain of thought
Vorstoß, *m.* advance
Vorstudien, *n. pl.* preliminary studies
vorteilhaft, advantageous
Vortrag, *m.* recital, lecture
vortrefflich, excellent, admirable
vorüber, over, past, along
Vorübergehender, *m.* passer-by
vorwärts, forwards, ahead
vorwärts-dringen (a, u), to press forward, advance
vor-wiegen (o, o), to preponderate, predominate; **—d,** in the main, chiefly
Vorzeit, *f.* early times, (remote) antiquity, past
vor-ziehen (zog —, —gezogen), to draw forth (out), extend, elongate
vorzüglich, excellent
vorzugsweise, preferably, chiefly, especially
Vulkan, *m.* volcano
Vulkanausbruch, *m.* volcanic eruption
Vulkanberg, *m.* volcanic cone, volcano
vulkanisch, volcanic

W

wachsen (u, a), to grow, increase, progress
Wachstum, *n.* (*m.*) growth, increase
Wachstumsperiode, *f.* period of growth
Wachstumsrichtung, *f.* direction of growth
Wachsüberzug, *m.* coating of wax
Waffe, *f.* weapon
Waffentechnik, *f.* technique in weapon-making, art of the weapon-smith
wagen, to venture, dare
Wagen, *m.* wagon, car
wählen, to choose
Wahlvermögen, *n.* power of choice, selective ability
wahr, true
während, during, while
währenddem, meanwhile; while
wahrhaft, true, genuine
Wahrheit, *f.* truth, reality
wahrnehmbar, perceptible
wahr-nehmen (a, o), to become aware of, perceive, observe
wahrscheinlich, probable
Wahrscheinlichkeit, *f.* probability
Wahrzeichen, *n.* token, sign
Wald, *m.* forest, wood
Waldgebiet, *n.* forested region
Waldgrenze, *f.* limit of the forest, forest boundary
Waldinsel, *f.* forest island, bit of detached forest
Waldluft, *f.* forest air
Waldstreifen, *m.* strip of forest
Waldwuchs, *m.* forest growth
Wall, *m.* (protecting) wall, rampart, embankment
walten, to hold sway, rule, prevail
Wand, *f.* (inner) wall
wandeln; sich —, to change, be transformed
Wandelstern, *m.* (wandering *or* revolving star) planet

Wanderlinie, *f.* line of migration, migrational path
wandern, to wander, travel (slowly)
Wanderung, *f.* travelling, migration, movement, shifting
Wanderzelle, *f.* migratory cell
Wandmalerei, *f.* wall-painting
Wandung, *f.* wall, partition
wanken, to totter, be unsteady
wann, when?, when
Wanne, *f.* tub, basin
warm, warm
Wärme, *f.* warmth, heat
Wärmeabgabe, *f.* giving off (emission) of heat, thermal radiation
wärmeabsorbierend; —e Kraft, power of thermal absorption
Wärmeanspruch, *m.* demand for heat, heat-requirement
Wärmeausgleich, *m.* equalization of heat, thermal balance
Wärmeausstrahlung, *f.* emission of heat, thermal radiation
Wärmeausstrahlungsvermögen, *n.* capacity for emitting heat, power of thermal radiation
Wärmebewegung, *f.* thermal motion (activity)
Wärmebildung, *f.* production of heat
Wärmeeinheit, *f.* heat-unit
Wärmegrad, *m.* degree of heat (temperature)
Wärmegrenze, *f.* thermal limit
Wärmemenge, *f.* amount (supply) of heat, heat-quantum
wärmen, to warm, give warmth
Wärmequantum, *n.* (definite) amount of heat
Wärmequelle, *f.* source of heat
Wärmeschwankung, *f.* variation in temperature, thermal fluctuation
Wärmestarre, *f.* rigidity (lifelessness) resulting from an excess of heat, heat-paralysis
Wärmesteigerung, *f.* increase of heat, rise in temperature
Wärmestrahl, *m.* heat-ray
Wärmestrahlung, *f.* radiation of heat, thermal radiation
Wärmestrahlungsvermögen, *n.* ability to radiate heat, power of thermal radiation
Wärmesumme, *f.* total amount of heat, heat aggregate
Wärmetheorie, *f.* theory of heat
Wärmeunterschied, *m.* difference in temperature, thermal inequality
Wärmeverhältnis, *n.* thermal condition
Wärmeverlust, *m.* loss of heat
Wärmeverteilung, *f.* distribution of heat
Wärmewirkung, *f.* operation of heat, thermal action
Wärmewüste, *f.* torrid desert
Wärmezone, *f.* zone of temperature, thermal zone
Wärmezunahme, *f.* increase of heat, rise in temperature
warten, to wait
warum, why?, why, wherefore
was, what?, what, that, which
Wasser, *n.* water
Wasserabgabe, *f.* discharge (excretion) of water
Wasseraufnahme, *f.* appropriation (absorption) of water

Wasserbecken, *n.* basin-shaped reservoir, oceanic basin
Wasserbilanz, *f.* water balance (*cf. note* **109,** 1)
Wasserdampf, *m.* aqueous vapor, moisture
Wasserdampfmolekül, *n.* molecule of water vapor
wasserdicht, water-tight, waterproof
Wasserdunst, *m.* aqueous vapor
Wasserfaden, *m.* aqueous filament, thread-like stream
Wasserfall, *m.* waterfall, cataract
wasserfrei, free of water, anhydrous
Wassergehalt, *m.* amount of water (contained), percentage of water
Wasserhalbkugel, *f.* water hemisphere
Wasserhäutchen, *n.* film of water
Wasserhülle, *f.* aqueous envelope
wässerig, watery, aqueous
Wassermangel, *m.* lack (scarcity) of water
Wassermantel, *m.* aqueous mantle, hydrosphere
Wassermasse, *f.* mass (body) of water
Wassermenge, *f.* amount (supply) of water
Wassermolekül, *n.* molecule of water
Wasseroberfläche, *f.* surface (sheet) of water
Wasserökonomie, *f.* (control *or* regulation of) water-supply, supply and consumption of water
Wasserpflanze, *f.* aquatic plant
Wasserpilz, *m.* alga-like fungus (*Phycomyceteae*)
Wasserrad, *n.* water-wheel
wasserreich, abounding in water, watery
Wasserreservoir, *n.* water reservoir
Wassersammelrinne, *f.* drainage channel, watercourse
Wasserschicht, *f.* stratum of water
Wasserspeichergewebe, *n.* tissue for the storage of water, spongy tissue
Wasserspiegel, *m.* (glassy) surface of the water
Wasserstand, *m.* height of (the) water, water level
Wasserstoff, *m.* hydrogen
Wasserstoffatmosphäre, *f.* atmosphere of hydrogen
Wasserstoffatom, *n.* atom of hydrogen
Wasserstoffflamme, *f.* hydrogen flame
Wasserstoffgas, *n.* hydrogen gas
Wasserstoffmasse, *f.* mass of hydrogen
Wasserstoffsphäre, *f.* hydrogen sphere (belt)
Wasserstoffsuperoxyd, *n.* hydrogen peroxide
Wasserteilchen, *n.* aqueous particle, molecule of water
Wassertemperatur, *f.* temperature of (the) water, oceanic temperature
Wasserverkehr, *m.* co-relation between water (and plants), water-supply
Wasservorrat, *m.* supply of water
Wasserwoge, *f.* water-wave, oceanic billow

wasserziehend, water-drawing (*cf. note* **200,** 30)
Wasserzufluß, *m.* water-supply
weben (o, o), to weave
Wechsel, *m.* change, alternation, succession
Wechselbeziehung, *f.* mutual relationship, correlation
wechseln, to change, vary
Wechselspiel, *n.* interplay, alternation
wechselvoll, subject to frequent change, variable
Wedelbestand, *m.* frondage
weder, neither
Weg, *m.* way, path, course, distance, manner
weg-brennen (brannte —, —gebrannt), to burn away (off)
wegen, on account of
Weglänge, *f.* distance covered, (length of) path
weg-lassen (ie, a), to leave out, omit
Wegnahme, *f.* removal
weg-schleudern, *n.* to fling off, project
wehen, to blow
wehren; sich —, to defend one's self
Weib, *n.* woman
weich, soft, tender
Weideflora, *f.* flora of pasture-land(s)
weiden, to graze
weidenähnlich, willow-like
Weideplatz, *m.* grazing-ground, pasturage
Weidevieh, *n.* grazing cattle
weil, because
Weinernte, *f.* vintage, grape crop
Weinlaub, *n.* foliage of the grape, vine leaves
Weinlese, *f.* vintage
Weinpflanzung, *f.* vineyard
Weise, *f.* manner, mode; **auf diese —,** in this way
weisen (ie, ie), to point out, show, direct
weiß, white
Weißfichte, *f.* white spruce (*Picea alba*)
Weißglut, *f.* white heat
weit, wide, far, long, large; **bei —em,** by far; **bei —em nicht,** far from, not at all; **ohne —eres,** without further consideration, forthwith, at once; **—er,** farther, further(more), additional, else, on(ward)
weiter-brennen (brannte —, —gebrannt), to continue to burn
Weiterentwicklung, *f.* further development
weiter-führen, to carry further, continue, extend
weitschichtig, extensive
weitverbreitet, wide spread, prevalent
Weizen, *m.* wheat
welch, which, what, who
Welle, *f.* wave
Wellenberg, *m.* crest of a wave
Wellenbewegung, *f.* wave motion, undulation
Wellenlänge, *f.* wave-length
Wellennatur, *f.* undulatory character
Wellental, *n.* trough of a wave
Wellenzug, *m.* wave-movement, advancing wave
Welt, *f.* world

Weltäther, *m.* cosmic ether
Weltenraum, *m.* cosmic (interstellar) space
Weltkonkurrenz, *f.* international competition
Weltkörper, *m.* heavenly body
Weltmeer, *n.*, **Weltozean,** *m.* (earth-wide) ocean
Weltraum, *m.* = **Weltenraum**
Wendekreis, *m.* tropical circle, tropic
wenden (*reg. or* **wandte, gewandt**), to turn
Wendepunkt, *m.* turning-point
wenig, little, slight; *pl.* few; **—er,** less; **am —sten,** least
wenigstens, at least
wenn, if, when(ever), though
wer, who?, who, whoever
Werchojansk, *n.* Verkhoyansk
werden (**wurde** *or* **ward, geworden**), to become; shall, will; be
werfen (**a, o**), to throw, cast
Werk, *n.* work; **ins — setzen,** to set on foot, inaugurate
Werkzeug, *n.* tool, implement
Werkzeugtechnik, *f.* technique in tool-making, art of the toolsmith
Wert, *m.* worth, value, importance, figure, factor
Wertschätzung, *f.* estimation of value, appreciation
wertvoll, valuable, advantageous
Wesen, *n.* being, creature, nature, character; **ihr — treiben,** have their existence, be active
wesentlich, essential, real, chief; **im —en,** essentially, in the main
weshalb, on which account, wherefore, why
West, *m.* west
Westalpen, *f. pl.* Western Alps
Westen, *m.* west
Westeuropa, *n.* Western Europe
Westküste, *f.* western coast
westlich, west(ern), westerly
Westseite, *f.* west(ern) side
westwärts, westward
Wetter, *n.* weather
Wettersäule, *f.* waterspout
wichtig, weighty, important
Wichtigkeit, *f.* importance
widerlegen, to refute, disprove
widersprechen (**a, o**), to contradict, be opposed
Widerspruch, *m.* contradiction, disagreement
Widerstand, *m.* resistance
Widerstandsfähigkeit, *f.* power of resistance
widerstehen (**—stand, —standen**), to resist
wie, how, as, as if, like; as well as
wieder, again
wiederholen, to repeat
wieder-kehren, to return, be repeated
wieder-spiegeln; sich —, to be reflected
wiederum, again, in turn
wiegen (**o, o**), to weigh
Wielandssage, *f.* legend concerning Wieland, Wieland myth
Wien, *n.* Vienna
Wiener, of Vienna, Viennese
wieviel, how much (many)
wild, wild, savage
Wildkatze, *f.* wildcat
Wildpferd, *n.* wild horse

willenlos, involuntary, passive
willkürlich, arbitrary
wimmeln, to swarm, be alive with
Wimper, *f.* eyelash, cilium
Wind, *m.* wind
Windblütigkeit, *f.* state of being anemophilous, anemophily
Windblütler, *m.* wind-fertilized (anemophilous) plant
windexponiert, exposed to the wind, windy
windfahnenartig, resembling a streamer *or* weather-vane, vane-like
Windform, *f.* form assumed by trees exposed to a wind, "wind-form"
Windgeschwindigkeit, *f.* velocity of the wind
windgepeitscht, wind-whipped
Windmühle, *f.* windmill
windoffen, open (exposed) to the wind, windy
Windrädchen, *n.* wind-wheel
Windrichtung, *f.* direction of the wind
Windschirm, *m.* screen (protection) against the wind
Windschutz, *m.* protection against the wind, windbreak
Windstärke, *f.* strength (velocity) of the wind
Windstille, *f.* absence of wind, calm(ness)
Windtransport, *m.* transportation by the wind (across, through = über)
Windung, *f.* winding, convolution
Windverfrachtung, *f.* = **Windtransport**
Windverstärkung, *f.* strengthening of the wind, wind-increment
Windwelle, *f.* wave produced by wind, wind(-driven) wave
Winkel, *m.* angle
Winkelmessung, *f.* measurement of angles, goniometry
Winter, *m.* winter
Winterburan, *m.* winter buran
winterlich, wintry, in winter
Winterschlaf, *m.* winter sleep, hibernation, dormancy
Wintertemperatur, *f.* winter temperature
wir, we
Wirbel, *m.* whirl(pool), eddy, vortex
wirbelförmig, vortical
wirbellos, invertebrate
wirbeln, to whirl, eddy; **—d,** rotary
Wirbelsturm, *m.* whirlwind, cyclone
Wirbeltier, *n.* vertebrate
Wirbeltierstamm, *m.* race (family) of vertebrates
wirken, to operate, act, work, be effective
wirklich, real, actual
Wirklichkeit, *f.* reality
wirksam, operative, effective
Wirksamkeit, *f.* operation, effectiveness, action
Wirkung, *f.* action, effect, result
Wirkungsweise, *f.* method of operation, mode of action
wirtschaftlich, economic
Wisent, *m.* bison (*cf. note* **23,** 3)
wissen (wußte, gewußt), to know, know how, be able
Wissenschaft, *f.* science

wissenschaftlich, scientific
Witterung, *f.* meteorological conditions, weather
Witterungsverhältnisse, *n. pl.* meteorological (atmospheric) conditions
wo, where, when
wobei, whereupon, in which way, during which process, *etc.* (*cf.* **bei**)
Woche, *f.* week
wochenlang, weeks at a time, for weeks
wodurch, through which, whereby, in which way
Woge, *f.* billow, wave
wogen, to surge, heave, roll
Wogenbildung, *f.* formation of waves
Wogenwolke, *f.* wave-like (rippled) cloud
woher, whence, where
wohin, whither, to which
wohl, well, indeed, probably, no doubt
Wohllaut, *m.* melodiousness, sonority
wohnen, to dwell
Wohngebiet, *n.* habitat
Wohngrube, *f.* (*semi-subterranean*) pit-dwelling
Wohnhaus, *n.* dwelling-house, residence
Wohnmulde, *f.* bowl-shaped excavation used as a dwelling, pitstead (*cf. Meyer, art.* **Wohnhaus**)
Wohnort, *m.*, **Wohnplatz,** *m.* (place of) residence, abode, habitat
Wohnraum, *m.* living room, dwelling
Wohnsitz, *m.* (fixed) abode, habitat, home
Wohnstätte, *f.* = **Wohnort**
Wolf, *m.* wolf
Wolfshund, *m.* wolf-dog, wolf hound
Wolke, *f.* cloud
Wolkenart, *f.* kind (variety) of clouds
Wolkenatlas, *m.* cloud atlas
Wolkenbeobachtung, *f.* observation of clouds
Wolkenbezeichnung, *f.* designation of clouds, cloud nomenclature
Wolkenbild, *n.* picture *etc.* (*cf.* **Bild**) of a cloud
Wolkenbildung, *f.* cloud formation, genesis of clouds
Wolkendecke, *f.* covering (sheet) of clouds, cloud bank
Wolkenelement, *n.* cloud element, aqueous particle
Wolkenetage, *f.* cloud level, cloud zone (*cf.* **Etage**)
Wolkengebilde, *n.* cloud form(ation)
Wolkenkappe, *f.* cloud cap, hood-cloud
Wolkenkunde, *f.* nephology
wolkenlos, cloudless
Wolkenmeer, *n.* sea of clouds
Wolkenoberfläche, *f.* surface of a cloud
Wolkenschicht, *f.* stratum of clouds, cloud bank
Wolkenstreifen, *m.* streak (band) of cloud, cloud-stria
Wolle, *f.* wool
wollen, to wish, want; will, claim (*cf. also note* **50,** 29)

Wollenstoff, *m.* woolen stuff (fabric)
Wollfaden, *m.* woolen thread
Wollflöckchen, *n.* lock (tuft) of wool
womöglich, if possible
wonach, after (according to) which
woran, whereon, whereof, on which, by which
woraus, out of (from) which, of what
worin, wherein, in which
Wort, *n.* word
wovon, whereof, of which
wozu, whereto, to which, for what (purpose)
Wucht, *f.* (heavy) weight, (great) force, heaviness
Wulst, *f.* (*m.*) roll, swelling, prominence, protuberance
Wunde, *f.* wound, cut, gash
Wunder, *n.* wonder, miracle
wunderbar, wonderful, astonishing
Wundernuß, *f.* miraculous (magic) nut
Wunsch, *m.* wish
Wurzel, *f.* root, base
Wurzelfüßer, *m.* ("root-footed") rhizopod
wurzeln, to take root, be rooted, originate
Wurzelstellung, *f.* position of the roots, radication
Wurzelsystem, *n.* root-system
Wüste, *f.* desert
Wüstenbewohner, *m.* inhabitant of the desert
Wüstenflora, *f.* desert flora
Wüstengebiet, *n.* desert region
Wüstengürtel, *m.* desert zone, arid belt
Wüstenklima, *n.* desert climate
Wüstensturm, *m.* desert storm, simoom
wüten, to rage, storm

X

Xanthophyll, *n.* xanthophyll
Xenon, *n.* xenon
xerophil, xerophilous
Xerophilie, *f.* state *or* condition of being xerophilous, xerophily
Xerophyt, *n.* xerophyte
Xerophytengebiet, *n.* region occupied by xerophytes, xerophytic region
Xerotherme, *f. s. note* **104,** 21

Y

Yerkessternwarte, *f.* Yerkes astronomical observatory

Z

Zacke, *f.*, **Zacken,** *m.* (sharp) point, prong, jag
zäh(e), tough, tenacious, viscid
zähflüssig, semi-liquid, viscous
Zahl, *f.* number, numeral, figure
zählen, to count, number, reckon; be numbered, belong
Zahlentabelle, *f.* numerical table
zahllos, numberless, innumerable
zahlreich, numerous
zähmen, to tame, domesticate
Zahn, *m.* tooth
Zahnordnung, *f.* arrangement of the teeth
Zapfen, *m.* plug, peg, core
zart, tender, delicate

Zauber, *m.* magic, spell, charm
Zauberfrucht, *f.* magic fruit (product)
Zauberschlag, *m.* magic stroke, touch of a magic wand
z. B. = **zum Beispiel**
Zechstein, *m.* Permian limestone, Zechstein
Zeemaneffekt, *m.* Zeeman effect
zehn, ten
Zehntel, *n.* tenth
zeichnen, to draw, delineate, mark
Zeichner, *m.* draughtsman, designer
Zeichnung, *f.* drawing, sketch
zeigen, to show, point out, exhibit; **sich —,** be shown, appear
Zeiger, *m.* pointer, hand
Zeit, *f.* time, period, age, era, epoch; **mit der —,** in time, gradually
Zeitalter, *n.* age, era
Zeitgenosse, *m.* contemporary
Zeitlang, *f.*; **eine —,** for some time, for a while
zeitlebens, for life, all one's life
zeitlich, temporal, chronological; in point of time
Zeitmessung, *f.* measurement of time, chronometry
Zeitpunkt, *m.* point of time, moment
Zeitraum, *m.* space of time, interval, period
Zeitschrift, *f.* periodical, journal
Zeitunterschied, *m.* difference in time
zeitweise, from time to time, for a time
Zelle, *f.* cell
Zellenbestandteil, *m.* constituent of a cell, cellular element
Zellenbildung, *f.* cell-formation
Zellengruppe, *f.* group of cells, cellular association
Zellenkern, *m.* cellular nucleus
Zellenkörper, *m.* body of a cell, (individual) cell
Zellenleben, *n.* life of the cell
Zellenleib, *m.* body of a cell, cellular mass
Zellensaft, *m.* cell-sap, cellular fluid
Zellenteilungsprozeß, *m.* process of cellular division, cellular fission
Zellentheorie, *f.* cellular theory
Zellkern, *m.* = **Zellenkern**
Zellkörper, *m.* = **Zellenkörper**
Zellmembran(e), *f.* cell-membrane, diaphane
Zellorganismus, *m.* cellular organism, organization of the cell
Zellraum, *m.* interior of a cell, cell cavity
Zellsaft, *m.* = **Zellensaft**
Zellularpathologie, *f.* cellular pathology
Zellverband, *m.* group of cells, cell association
Zelt, *n.* tent, canopy
zeltartig, tent-like
Zenitflut, *f.* zenith-tide (*cf. note* **176,** 14)
Zentimeter, *n.* centimeter
zentral, central, in the middle
Zentralsonne, *f.* central sun
Zentralteil, *m.* central part
Zentrifugalkraft, *f.* centrifugal force
Zentrum, *n.* center

zerbröckeln, to crumble
Zerfall, *m.* disintegration, decay, decomposition
zerfallen (ie, a), to fall to pieces, break down, disintegrate
Zerfallen, *n.* disintegration
Zerfall(s)produkt, *n.* decomposition product
zerlegen, to separate, divide, decompose, break up
Zerlegung, *f.* decomposition, disintegration
zerreißen (i, i), to tear (to pieces); give way, part
zerschlagen (u, a), to break to pieces, shatter
Zersetzbarkeit, *f.* decomposability
zersetzen, to decompose, break down, break up
Zersetzung, *f.* decomposition
Zersetzungsprozeß, *m.* process of decomposition
Zersprengung, *f.* bursting, disruption
zerspringen (a, u), to burst, fly apart
zerstören, to destroy
Zerstörung, *f.* destruction, disintegration
zerstreuen, to scatter, disseminate
zerteilen, to divide, split up
Zeuge, *m.* witness
Zeugnis, *n.* testimony, evidence
Ziege, *f.* goat
Ziegenbock, *m.* male goat, he-goat
ziehen (zog, gezogen), to draw, move, pass, run
Ziel, *n.* goal, aim, object
ziemlich, fairly, rather
zierlich, pretty, dainty, graceful
Zimmer, *n.* room
Zimmerluft, *f.* air in a room, indoor air
Zimmerpflanze, *f.* house plant
Zimmertemperatur, *f.* temperature of the room, normal temperature
Zinkatom, *n.* atom of zinc
Zinke, *f.*, **Zinken,** *m.* prong, tine
Zinksulfid, *n.* zinc sulphide
Zinnoberkörnchen, *n.* granule of cinnabar (vermilion)
Zirkulation, *f.* circulation
zirkulieren, to circulate
Zodiakallicht, *n.* zodiacal light
Zoll, *m.* inch
Zone, *f.* zone
Zoochore, *f.* plant whose seeds are disseminated by animals *or* birds, zoochoric plant
zoologisch, zoological
zoologisch-biologisch, zoological and biological
zu, to, for, at, in, among, in relation to, towards; too
zu-bringen (brachte —, —gebracht), to spend, pass
züchten, to breed, rear, grow
Zucker, *m.* sugar
zudem, in addition, besides, moreover
zueinander, to each other, for one another
zuerst, at first, first
zu-fallen (ie, a), to fall to one's share, accrue (revert) to
zu-fügen, to fit in, add
Zufügung, *f.* addition
Zufuhr, *f.* conveyance, importation, introduction
zu-führen, to lead to, conduct, convey

Zug, *m.* pull(ing), strain, stroke, trace, feature, characteristic
zu-geben (a, e), to admit
zugehörig, belonging to, accompanying
zugleich, at the same time
zugrunde; — gehen, to go to ruin, perish; — **liegend,** serving as a basis, underlying
Zugrundelegung, *f.*; **unter —,** taking as a basis, upon the basis
Zugtier, *n.* draught animal
zugunsten, in favor of
zu-kommen (a, o), to fall to one's share, belong (be assigned) to, pertain (be peculiar) to
Zukunft, *f.* future
zu-lassen (ie, a), to admit, permit
zu-leiten, to conduct into, admit
zuletzt, at last, finally
zumal, especially, particularly
zunächst, next; in the first place, first of all
Zunahme, *f.* increase
Zündschwamm, *m.* tinder
Zündstoff, *m.* combustible material, tinder
zu-nehmen (a, o), to increase; advance, progress
zu-neigen; sich —, to incline towards, favor, approach
Zunge, *f.* tongue
zungenförmig, tongue-shaped
zur = **zu der**
zu-rechnen, to ascribe, assign
Züricher, of Zürich
zurück-behalten (ie, a), to keep back, retain
zurück-bleiben (ie, ie), to remain behind, be backward, halt, cease
zurück-datieren, to date back
zurück-fallen (ie, a), to fall back
zurück-führen, to lead (trace) back, reduce, refer
zurück-gehen (ging —, —gegangen), to go (extend) back
zurück-gießen (o, o), to pour back
zurück-kehren, to return
zurück-kommen (a, o), to come back, return
zurück-lassen (ie, a), to let back, allow to return, leave behind
zurück-legen, to travel over, traverse, cover
zurück-prallen, to rebound, recoil
zurück-rufen (ie, u), to recall
zurück-senden, to send back, return
zurück-stehen (stand —, —gestanden), to stand behind, be inferior
zurück-weichen (i, i), to recede, retreat
zurück-werfen (a, o), to throw back, reflect
zurück-ziehen (zog —, —gezogen); sich —, to withdraw
zurzeit, at this time, at present
zu-sagen, to correspond with, be to one's taste, suit
zusammen, together
zusammen-backen (u, a), to bake together, fuse
zusammen-drängen, to crowd together, compress, concentrate
zusammendrückbar, compressible
zusammen-fallen (ie, a), to coincide
zusammen-fassen, to comprise, include, summarize, reduce (to

this = **dahin**); **—d,** comprehensive
Zusammenfassung, *f.* consolidation, summary; **unter —,** by correlating
Zusammengehörigkeit, *f.* intimate connection, interrelation(ship)
zusammen-halten (ie, a), to hold together
Zusammenhang, *m.* connection
zusammen-hängen (i, a), to be connected; **—d,** connected, continuous
zusammen-kommen (a, o), to come together, unite
zusammen-legen, to lay together, fold, coil
zusammen-liegen (a, e), to lie together, adjoin
zusammen-nehmen (a, o), to take (bring) together, embrace
zusammen-ordnen, to co-ordinate
Zusammenprall, *m.* collision
zusammen-prallen, to collide
zusammen-runzeln; sich —, to become wrinkled, shrivel up
zusammen-schieben (o, o), to push together, crumple, wrinkle
zusammen-schmelzen (o, o), to melt together (away)
zusammen-schrumpfen, to shrivel up, shrink
zusammen-setzen, to put together, compose; **—gesetzt,** composite, complex
Zusammensetzung, *f.* composition, compound, structure
zusammen-stellen, to put (bring) together, assemble
zusammen-stimmen, to tune to the same pitch, attune
zusammen-treffen (a, o), to come together, meet, encounter
zusammen-treten (a, e), to step together, meet, combine
zusammen-wirken, to act together, co-operate; **das Zusammenwirken,** co-operation
zusammen-ziehen (zog —, —gezogen), to draw together; **sich —,** contract
Zusammenziehung, *f.* contraction
zu-schlagen (u, a), to hammer (chip) into shape, hew, fashion
zu-schreiben (ie, ie), to ascribe, assign
zu-sehen (a, e), to see to (it), take heed, examine
zu-senden, to send to, remit
zu-setzen, to add
Zustand, *m.* condition, state
zustande; — kommen, to come about, take place, result, be produced
Zustandekommen, *n.* production
Zustandskurve, *f.*; **— der Atmosphäre,** curve (graph) representing atmospheric conditions
zu-strömen, to flow towards, stream in
zutage; — liegen, to lie exposed; **— fördern,** bring to light
zuteil; — werden, to fall to one's lot, be afforded
zu-treffen (a, o), to fit, tally, hold true
Zutritt, *m.* access, admission
zuverlässig, reliable
zuvor, before, previously
zuweilen, at times, now and then, occasionally

zu-wenden, to turn towards
zu-zählen, to count among, assign to
Zwang, *m.* compulsion, constraint; **ohne —,** simply, easily
zwangsweise, of necessity, forcibly
zwanzig, twenty
zwar, to be sure, indeed
Zweck, *m.* object, purpose, aim
zwei, two
zweibändig, in two volumes
Zweifel, *m.* doubt
zweifelhaft, dubious, doubtful
zweifellos, indubitable; undoubtedly
zweifeln, to doubt
Zweig, *m.* twig, branch
zweijährig, biennial
zweiläppig, bilobate
zweit–, second
zweitemal; das —, the second time
zweitens, secondly
zweiwertig, bivalent
Zwergwuchs, *m.* dwarf growth, dwarfishness
Zwiebel, *f.* onion, bulb
zwingen (a, u), to force, compel; **—d,** conclusive
zwischen, between
Zwischenraum, *m.* intervening space, interval, interstice
Zwischenstufe, *f.* intermediate stage
Zwischenzeit, *f.* interim, interval
zwölf, twelve
Zyklon, *m.* cyclone
zyklonal, cyclonal, cyclonic
zyklonisch, cyclonic
Zylinder, *m.* cylinder
zylindrisch, cylindrical

enthalten = contain
erhalten = obtain
ergibt sich = prove to be
darstellen = rep, appear, prepare
sich bilden = form, develop (n-Strm
entziehen = withdraw
aus-setzen = to expose = state
entsprechen = correspond
sogar = actually = indeed
unter = accomp. by
entstehen = originate
statt-finden = occur, take place
überlaubt in gen
Zerlegen = separate - decompose
ähnlich = similar
ausgebildet = develop - fashion -
Angaben = statements - data
erhalten - erhält = receive, get, maintain
zeigen = show
allmählich = gradual
erzeugen = produce, generate, engender
ungefähre = approximate
Versuch = attempt et ferment
erscheinen = appear
auftreten = appear, arise, occur
Verhalten = behaviour action
betrachten = regard, consider, examine
betrachtet = considered - regarded
Beziehung = respect, regard
beobachten = observe
ausgezeichnet = distinguished - excellent

Date Due

AG 18 '49			
MR 7 '56			
[redacted]			
MY 4 [redacted]			

Q213
.K5

76453

O6-CFA-508

JAMES C. KIRKPATRICK LIBRARY - UCM

3 7250 04261133 3